

15

Κατανεμημένα Συστήματα

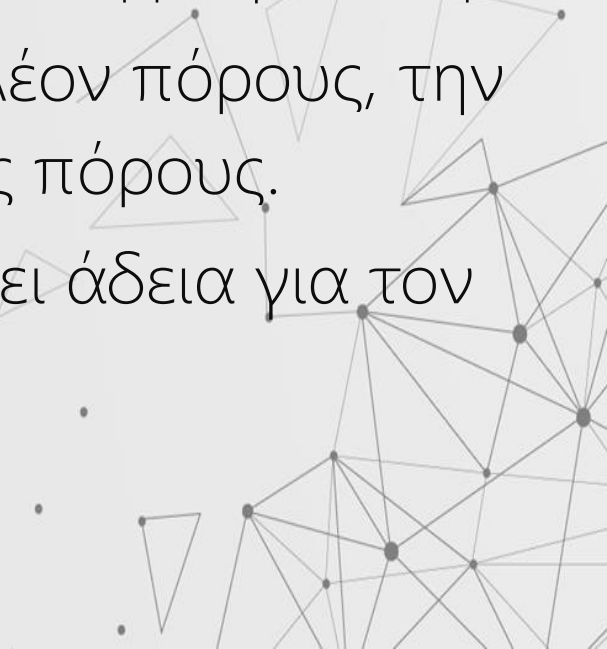
Αδιέξοδα (deadlocks) – Αλγόριθμοι
εντοπισμού αδιεξόδων

Αδιέξοδο σε κατανεμημένο σύστημα

- Αδιέξοδο (deadlock): «κυκλική» και ατέρμονη αναμονή μεταξύ δύο ή περισσότερων διεργασιών.
- Το πρόβλημα υφίσταται ήδη σε συμβατικό σύστημα.
- Μπορεί να εντοπιστεί εύκολα από το λειτουργικό (ή όποιο λογισμικό διαχειρίζεται τους εν λόγω πόρους).
- Το πρόβλημα (προφανώς) υφίσταται και σε ένα κατανεμημένο σύστημα.
- Ο εντοπισμός δεν είναι τόσο εύκολος/προφανής.

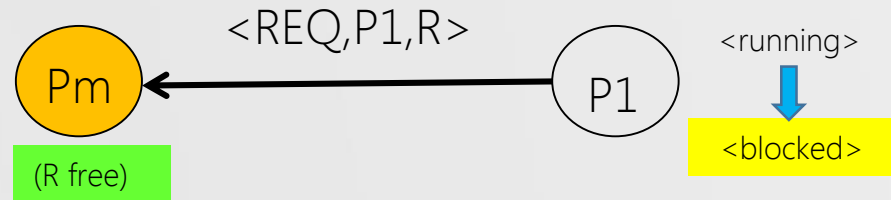


Μοντέλο εργασίας

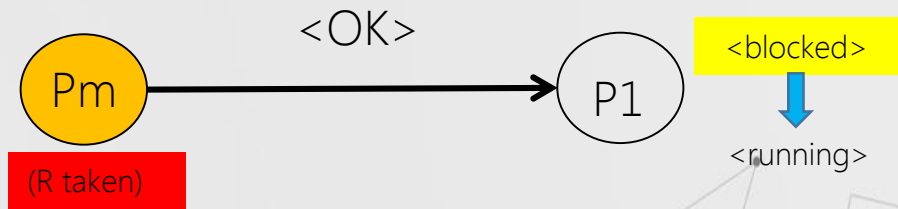
- Πρόσβαση/χρήση πόρων υπό αμοιβαίο αποκλεισμό.
 - Οι διεργασίες πρέπει να ζητάνε και να λαμβάνουν άδειες πρόσβασης για τους πόρους που χρειάζονται.
 - Κάθε πόρος ζητείται ξεχωριστά.
 - Οι άδειες δίνονται από αντίστοιχους διαχειριστές.
 - ένας διαχειριστής για όλο το σύστημα ή ανά κόμβο ή ανά πόρο.
 - Μια διεργασία μπορεί να ζητήσει επιπλέον πόρους, την στιγμή που ήδη χρησιμοποιεί κάποιους πόρους.
 - Μια διεργασία μπλοκάρει μέχρι να λάβει άδεια για τον συγκεκριμένο πόρο που ζητά.
- 

Μοντέλο εργασίας

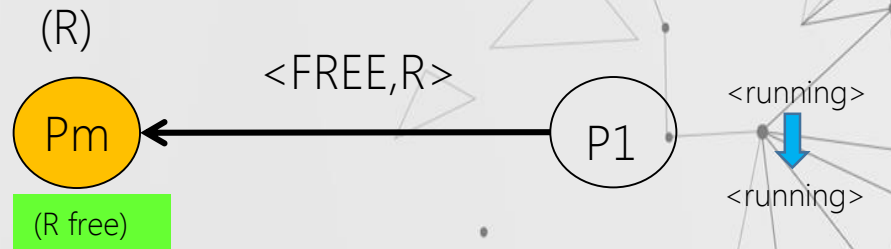
P1 ζητά άδεια για R



P1 λαμβάνει άδεια για R

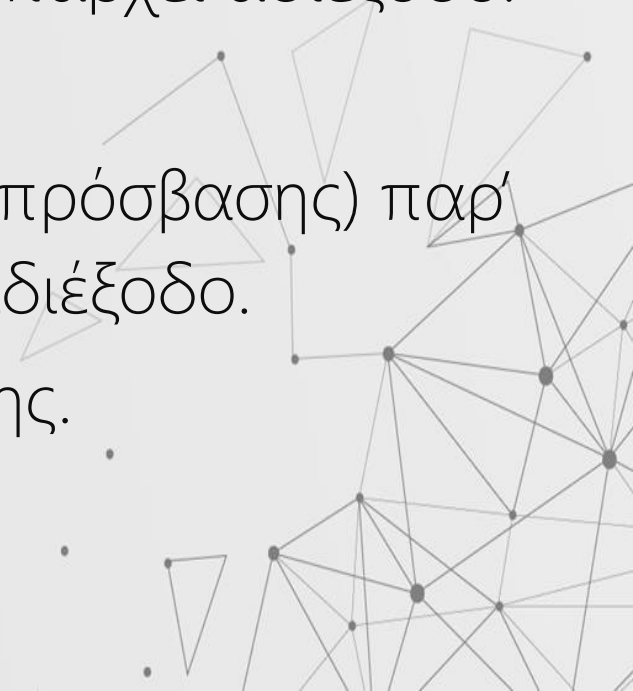


P1 επιστρέφει άδεια για R



Centralized εντοπισμός αδιεξόδου

- Η διαχείριση όλων των πόρων του συστήματος γίνεται από μια μοναδική διεργασία Pm.
- Η Pm διατηρεί έναν καθολικό γράφο χρήσης πόρων και αναμονής διεργασιών, με βάση τις άδειες που έχει δώσει και τις αιτήσεις που λαμβάνει.
- Αν σχηματιστεί κύκλος στον γράφο, υπάρχει αδιέξοδος.
- Απλή λύση, προφανής ορθότητα.
- Αυξημένη επικοινωνία (καθυστέρηση πρόσβασης) παρ' ότι μπορεί ποτέ να μη δημιουργηθεί αδιέξοδος.
- Μοναδικό σημείο βλάβης / συμφόρησης.



(R1,R2,R3)

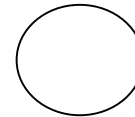
Pm

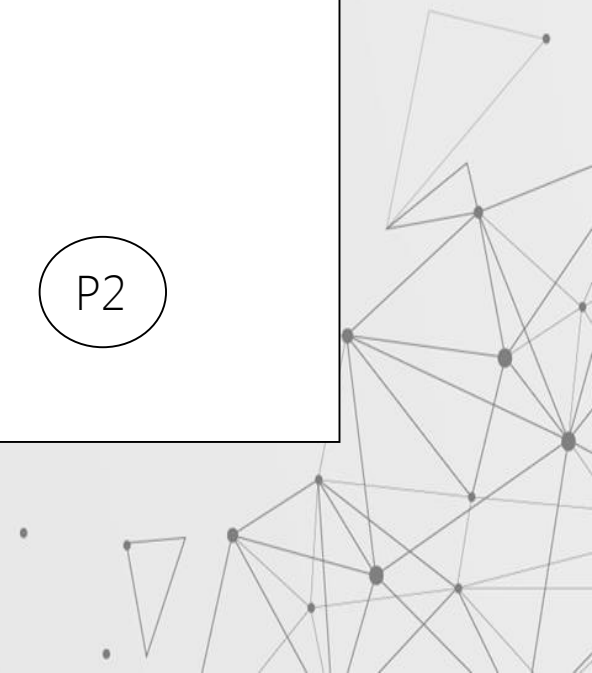
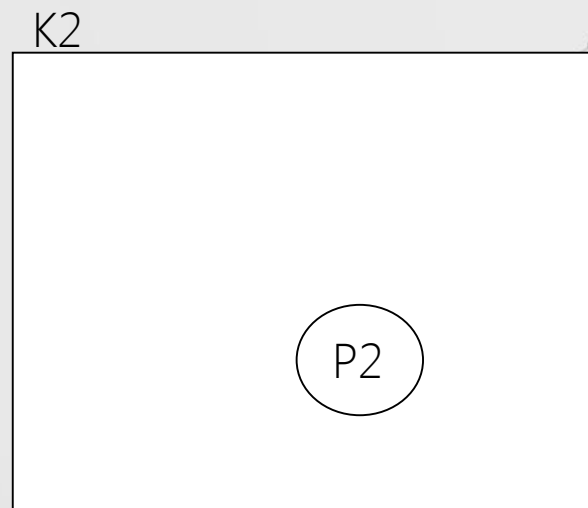
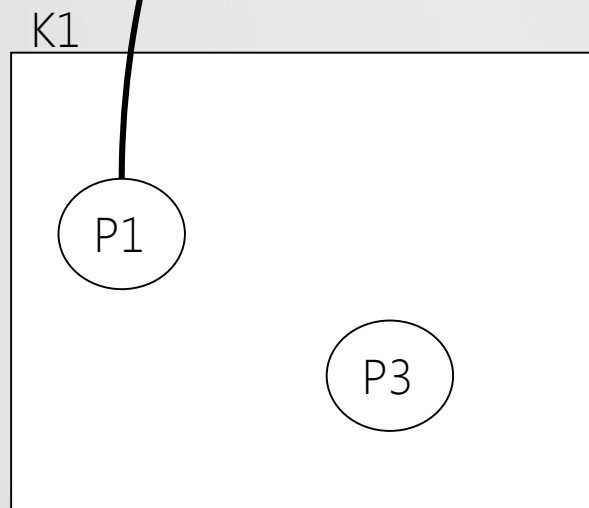
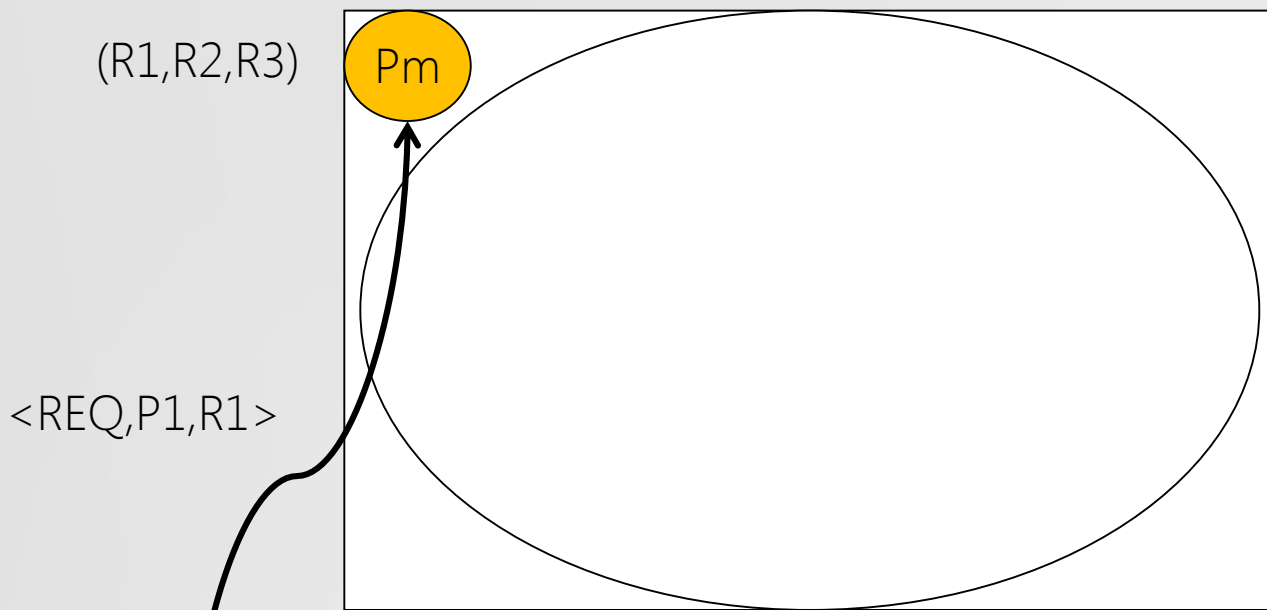
K1

P1

P3

K2





(R1,R2,R3)

Pm

R1

P1

<OK>

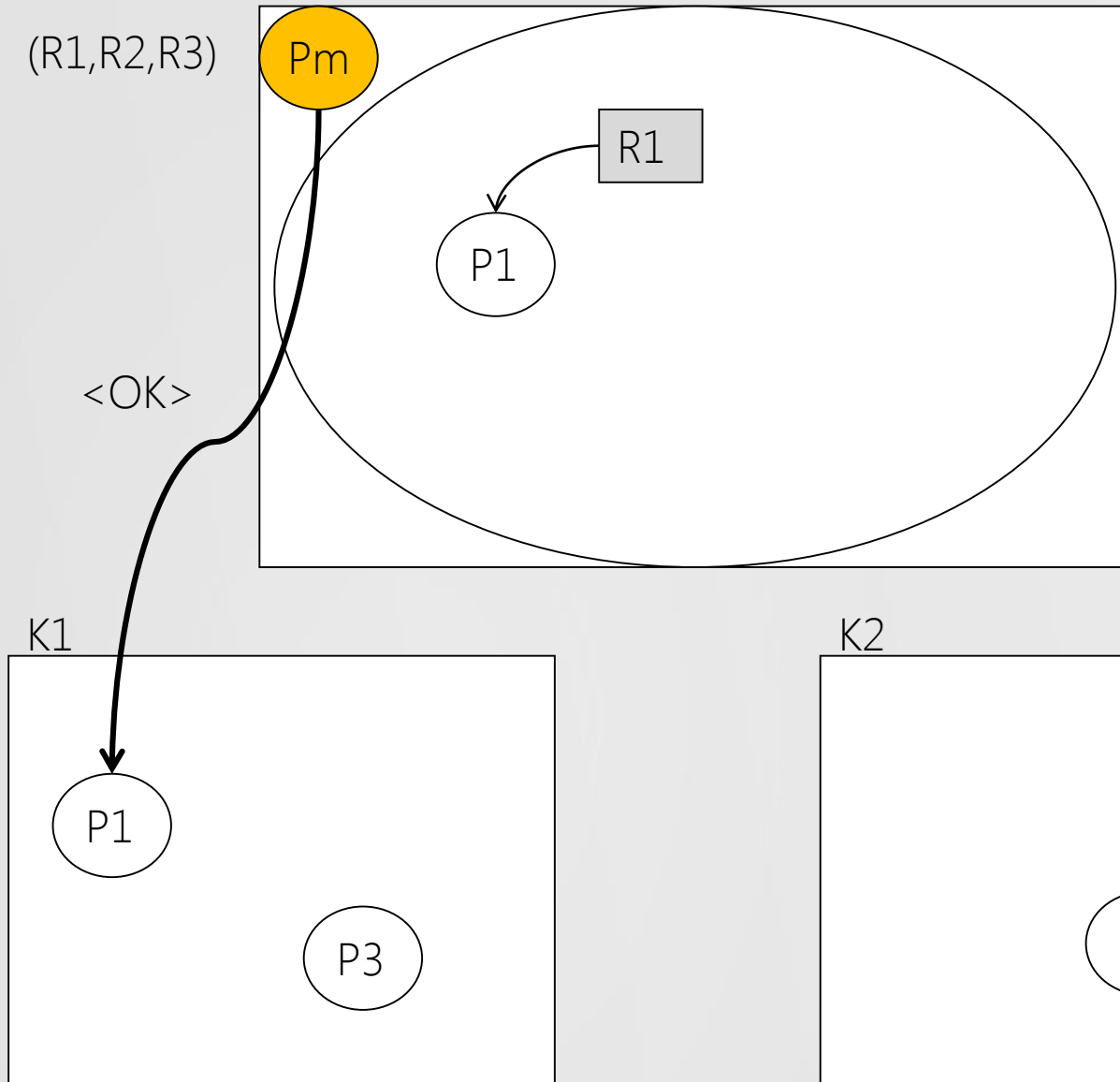
K1

P1

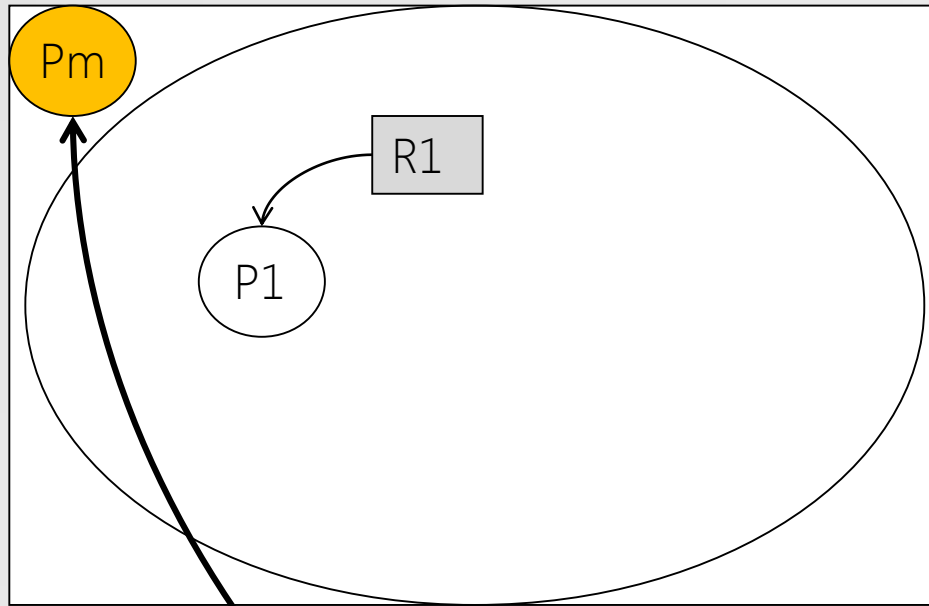
P3

K2

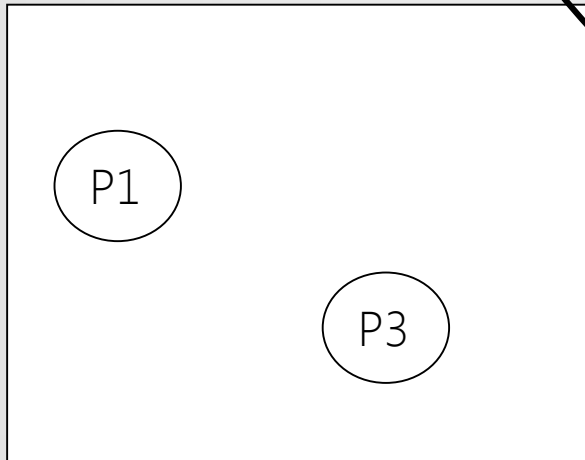
P2



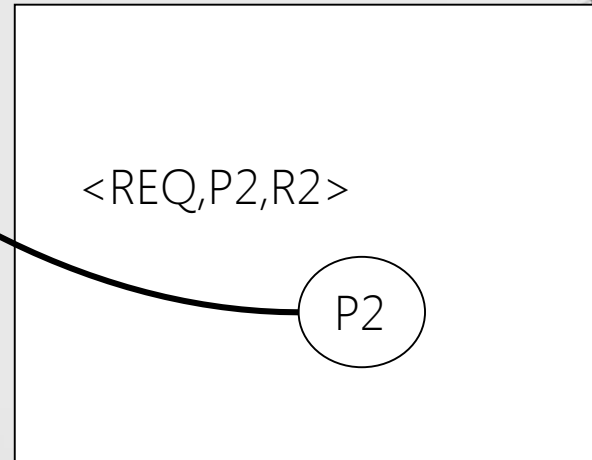
(R1,R2,R3)



K1



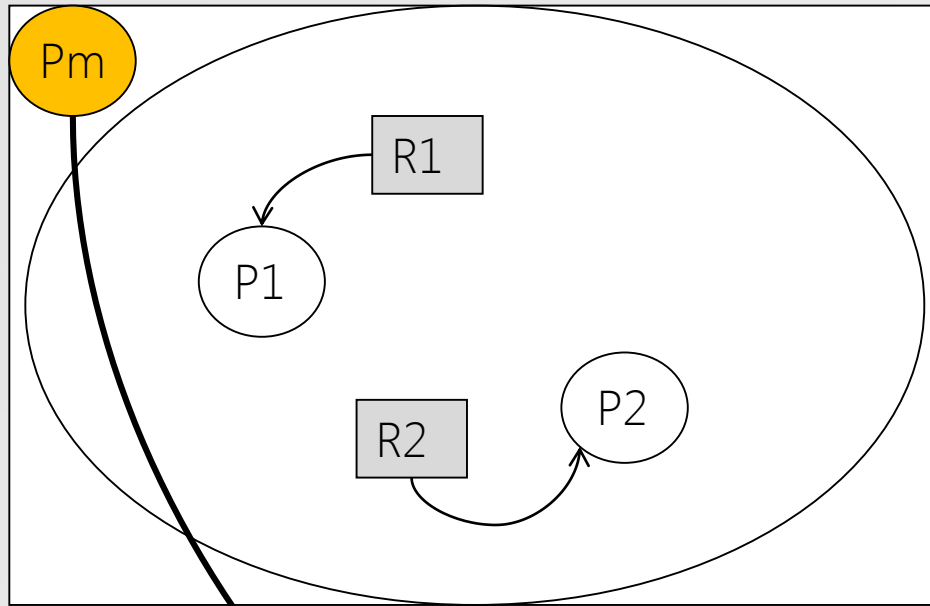
K2



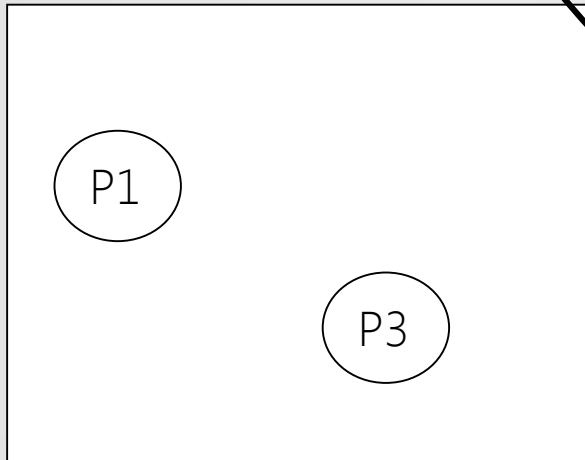
<REQ,P2,R2>

P2

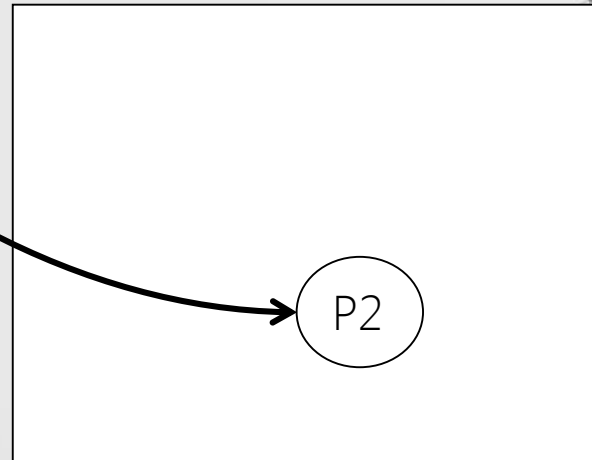
(R1,R2,R3)



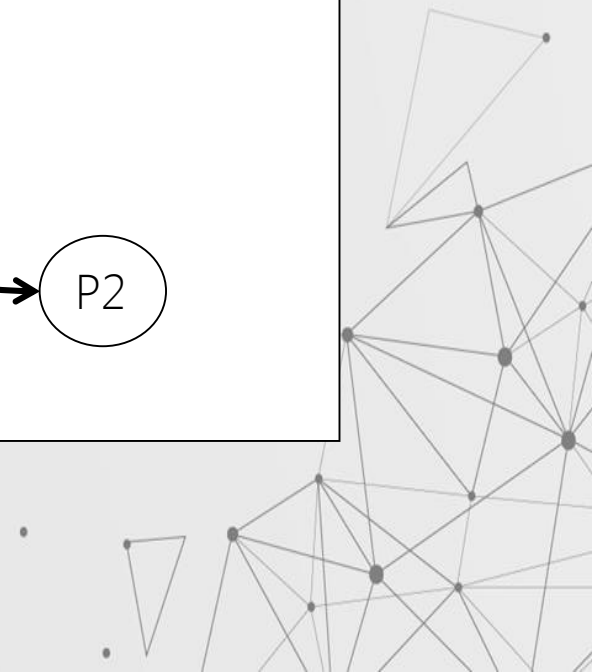
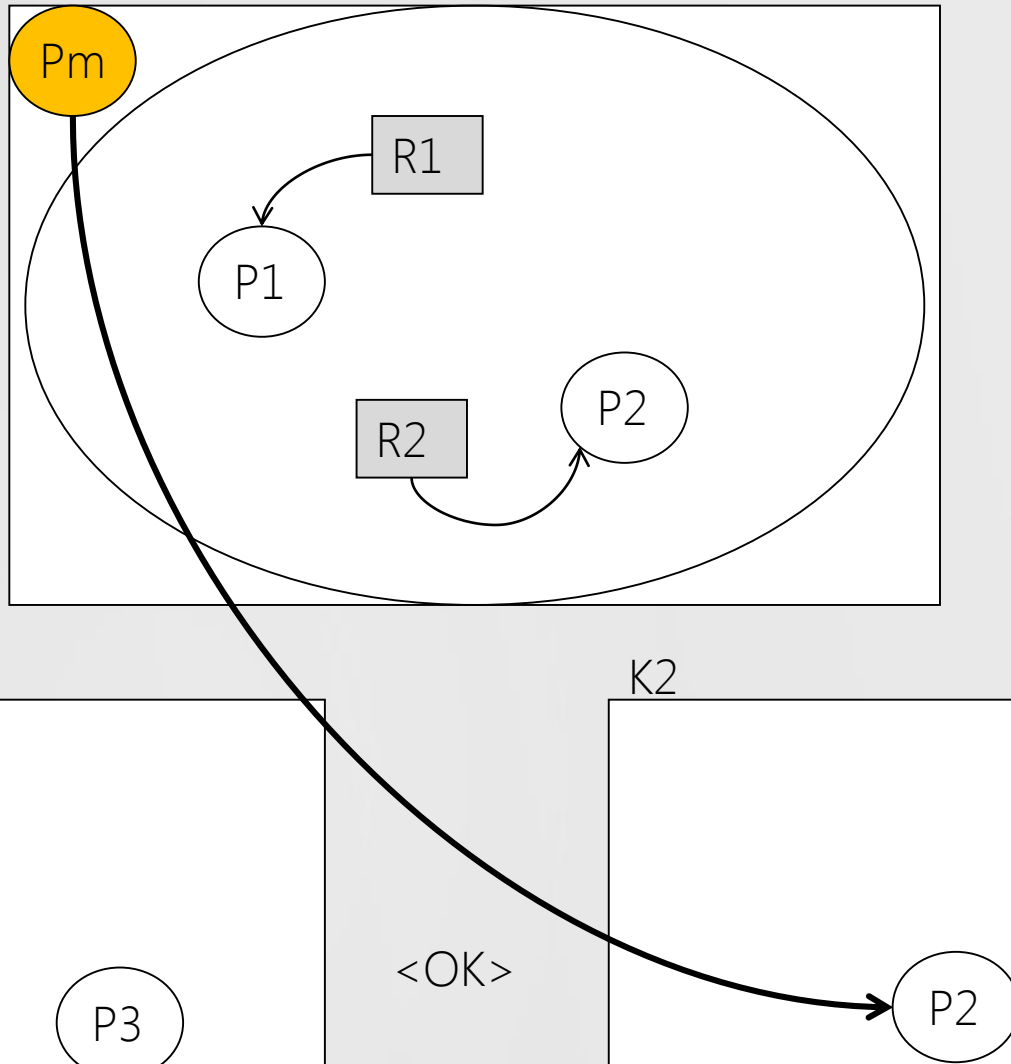
K1



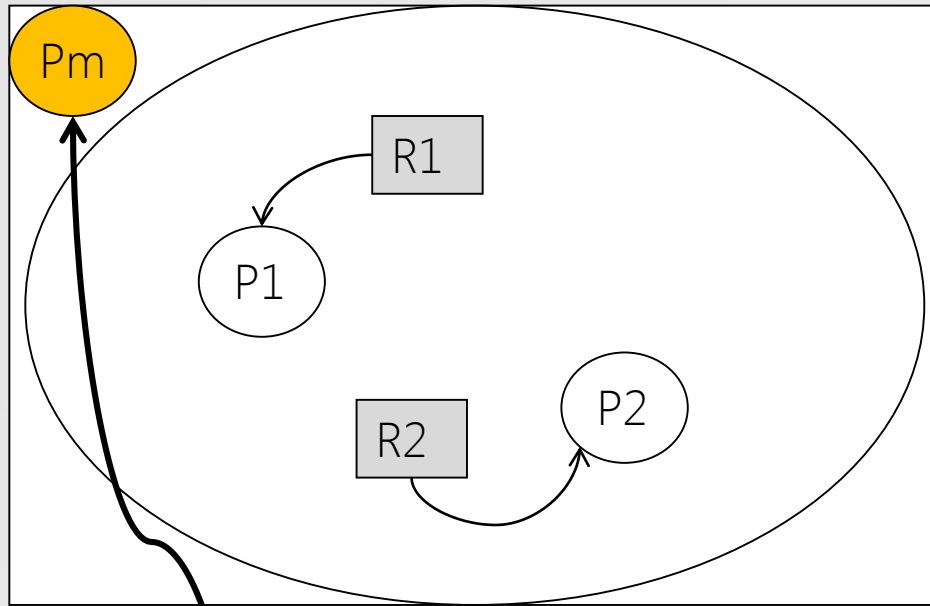
K2



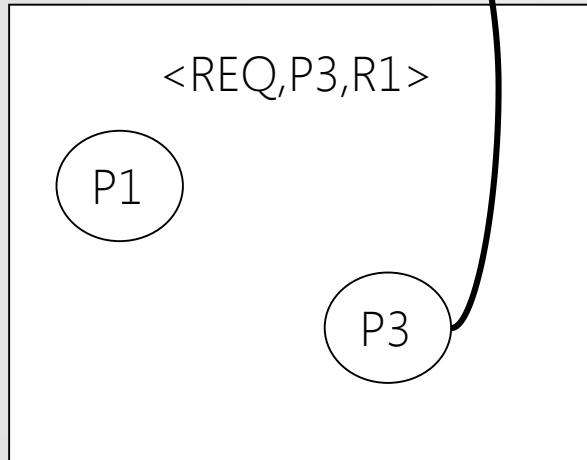
<OK>



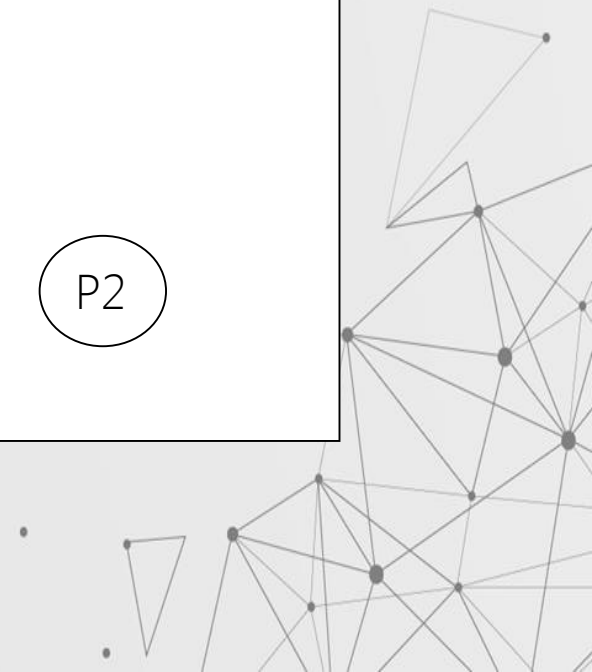
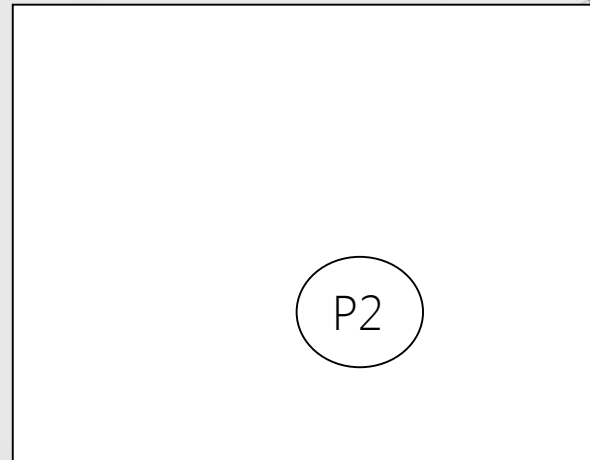
(R1,R2,R3)



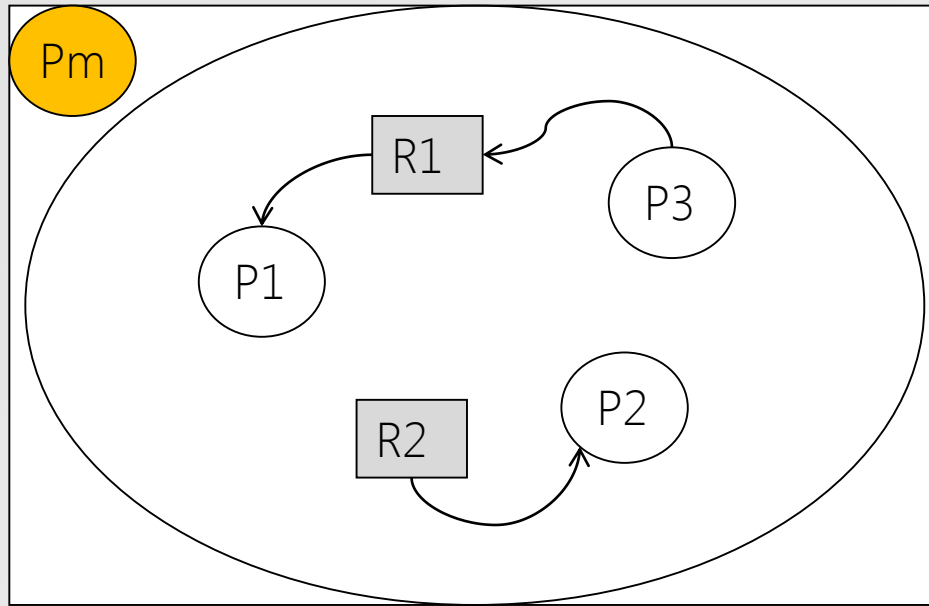
K1



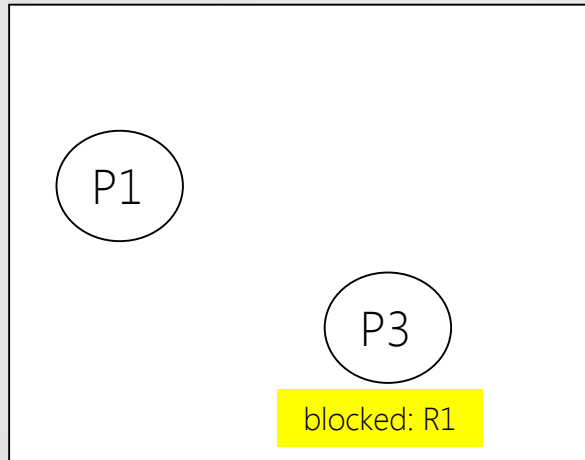
K2



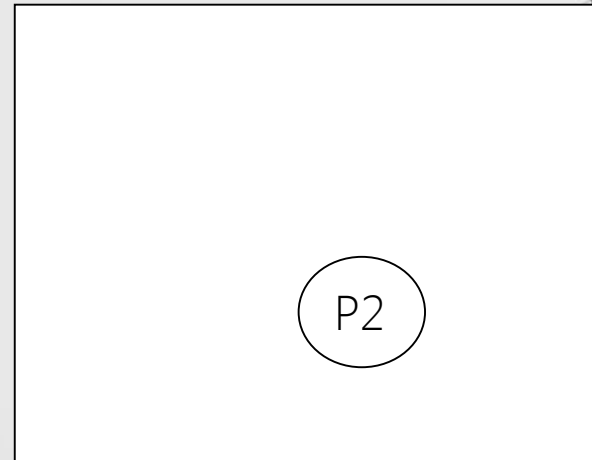
(R1,R2,R3)



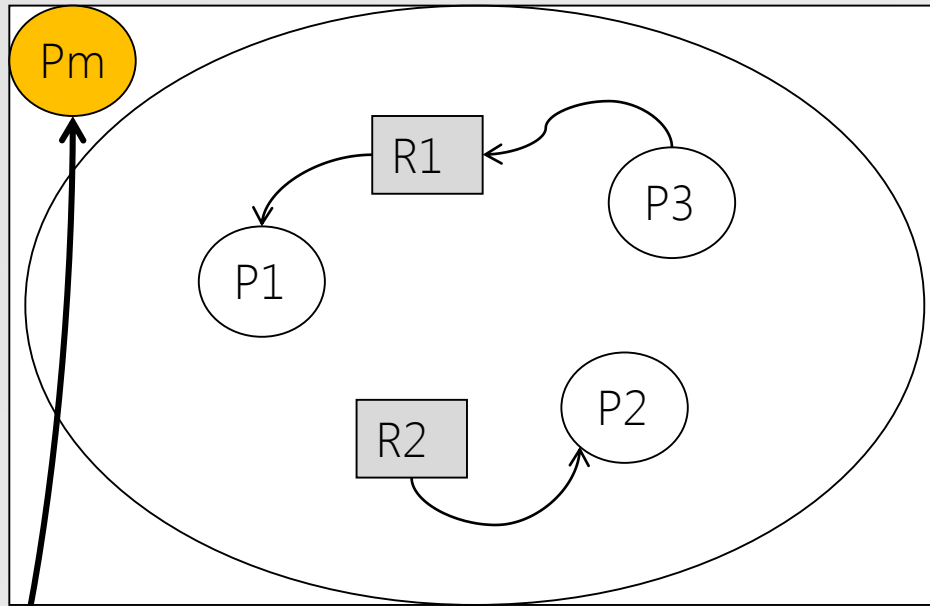
K1



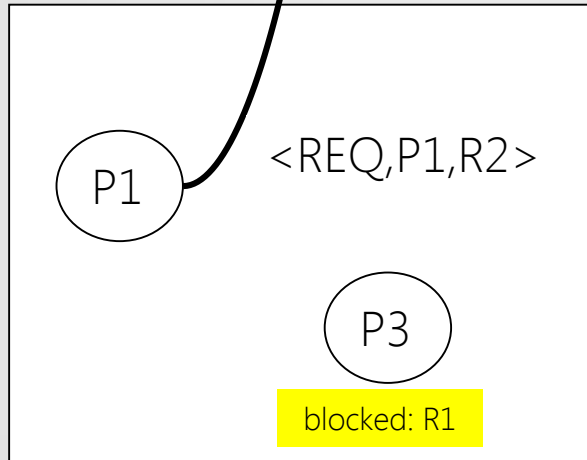
K2



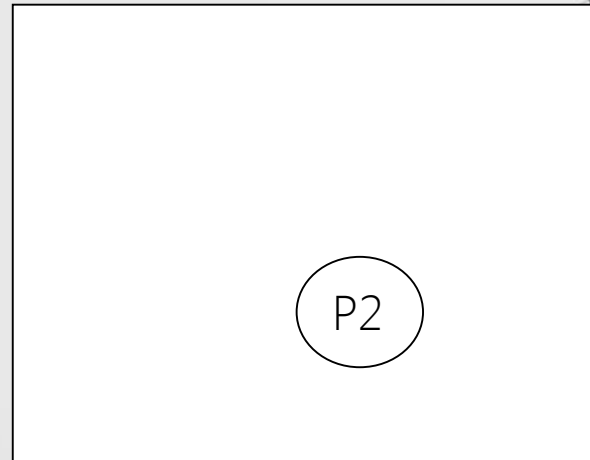
(R1,R2,R3)



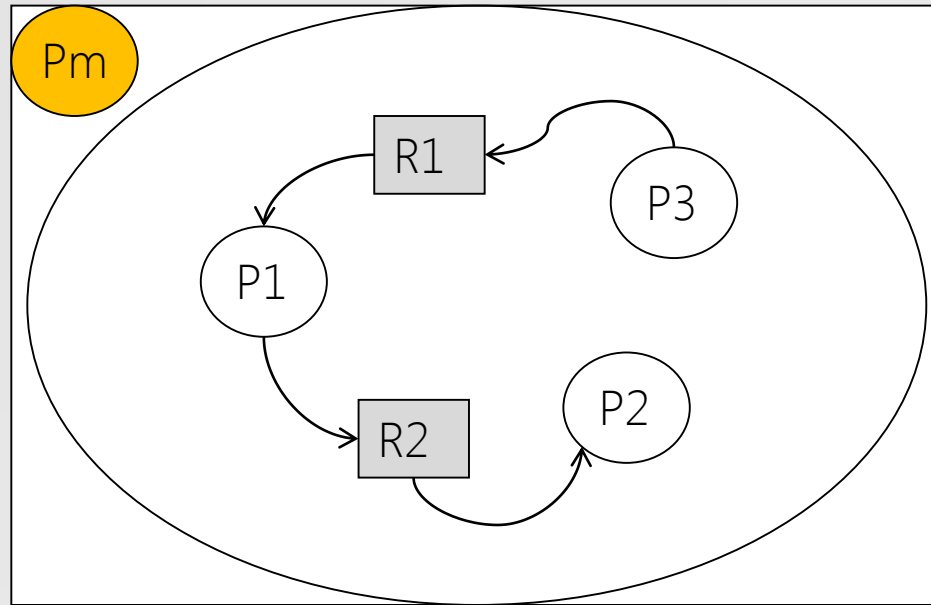
K1



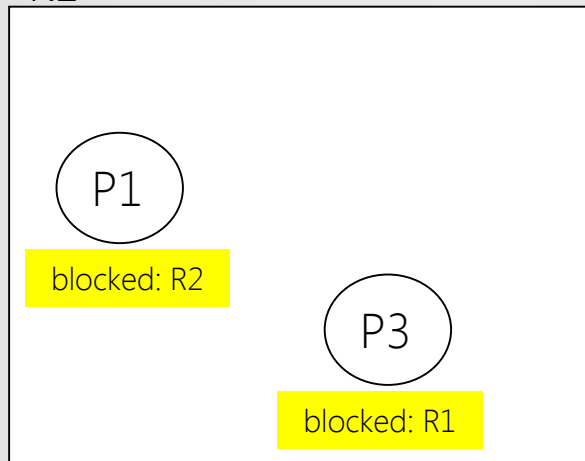
K2



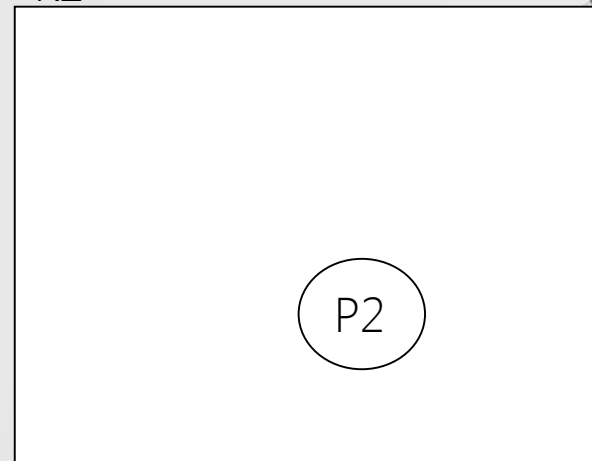
(R1,R2,R3)



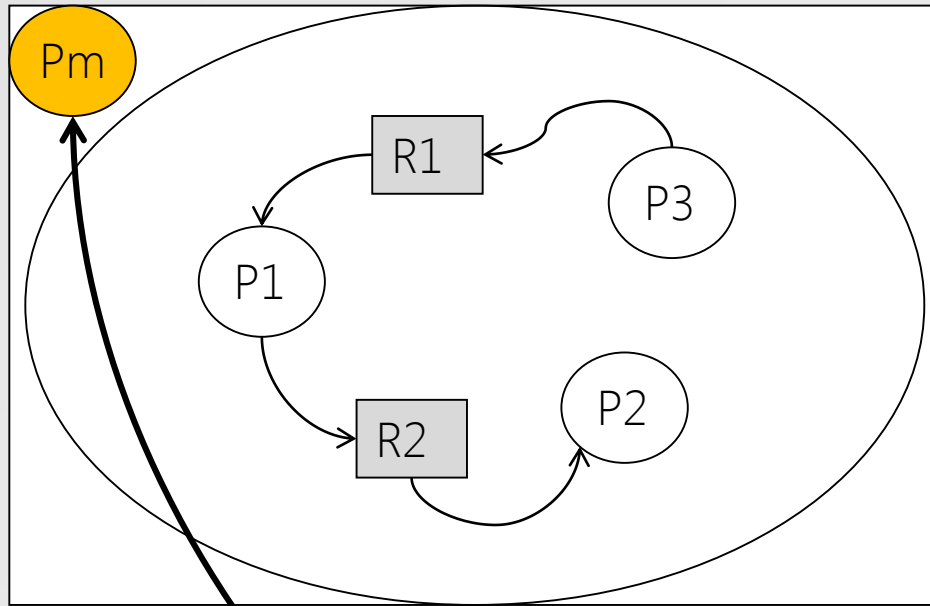
K1



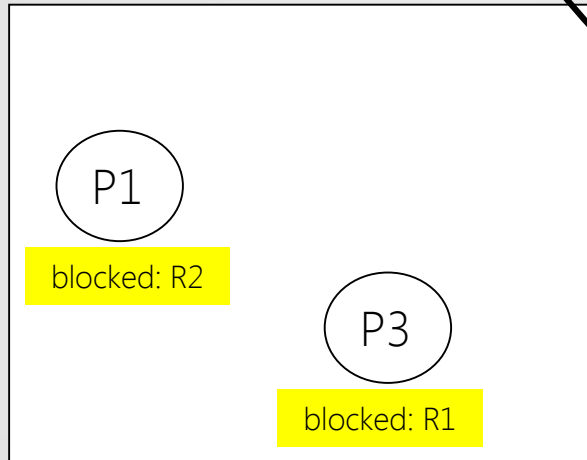
K2



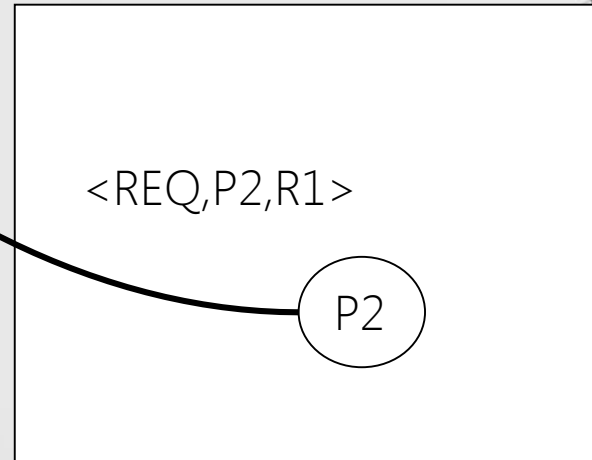
(R1,R2,R3)



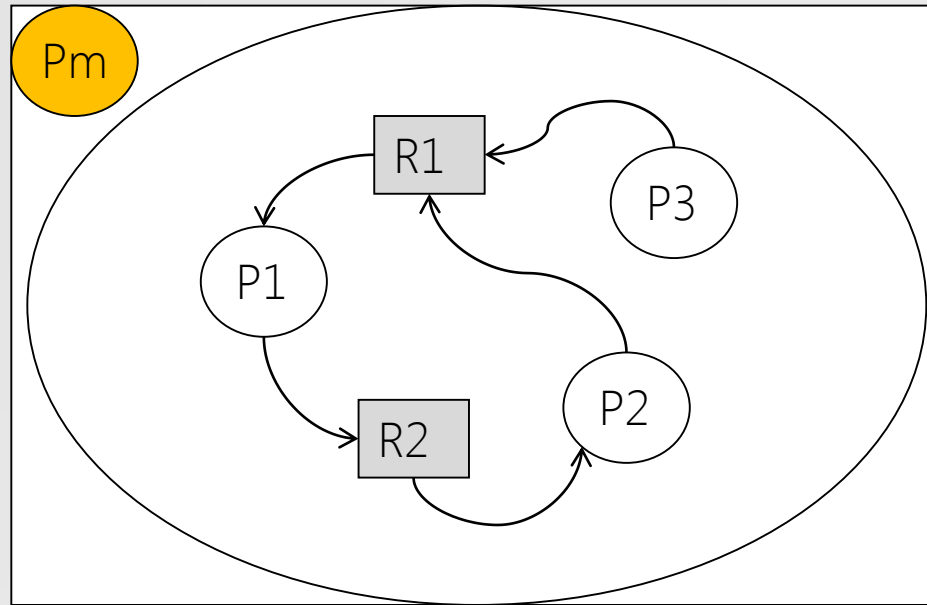
K1



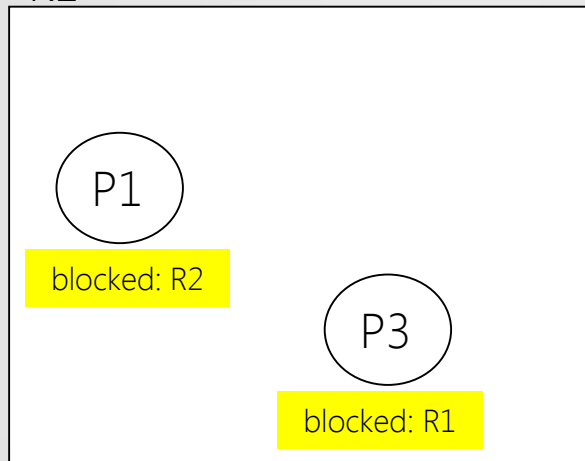
K2



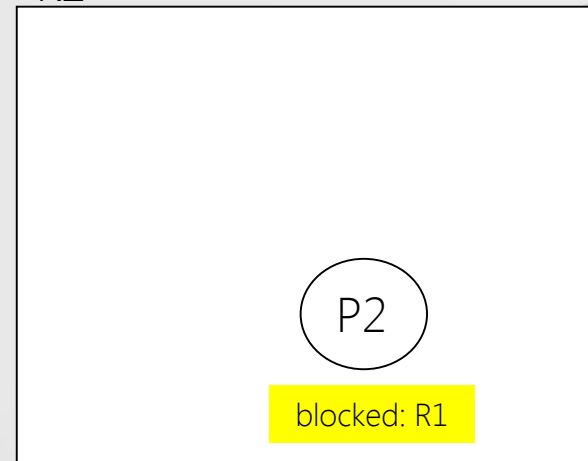
$\text{mgr}(\text{R1}, \text{R2}, \text{R3})$



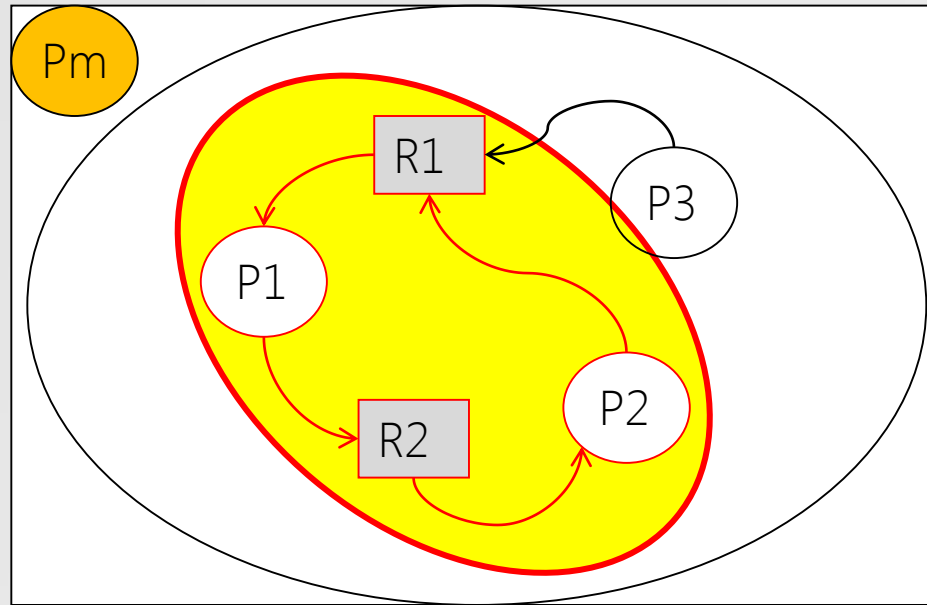
K1



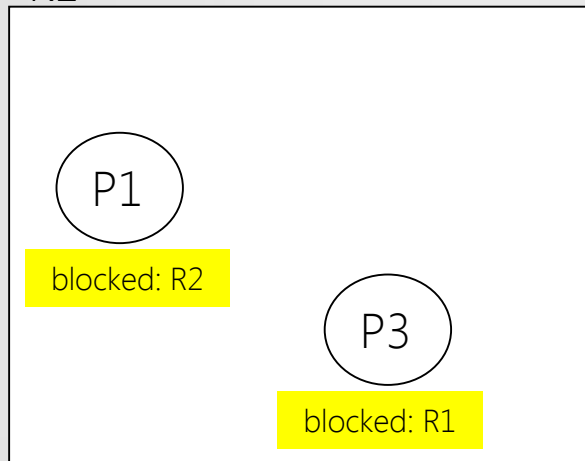
K2



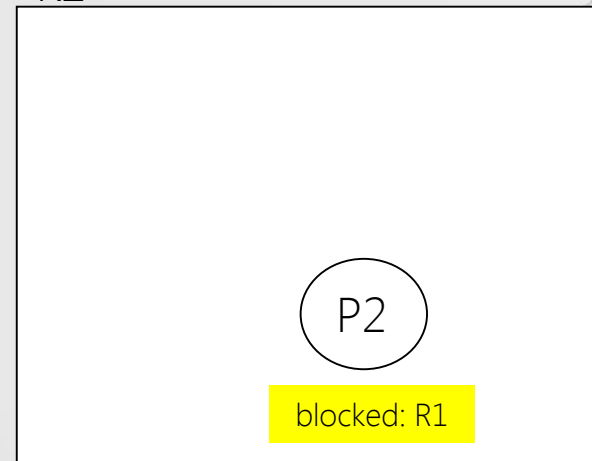
$\text{mgr}(\text{R1}, \text{R2}, \text{R3})$



K1

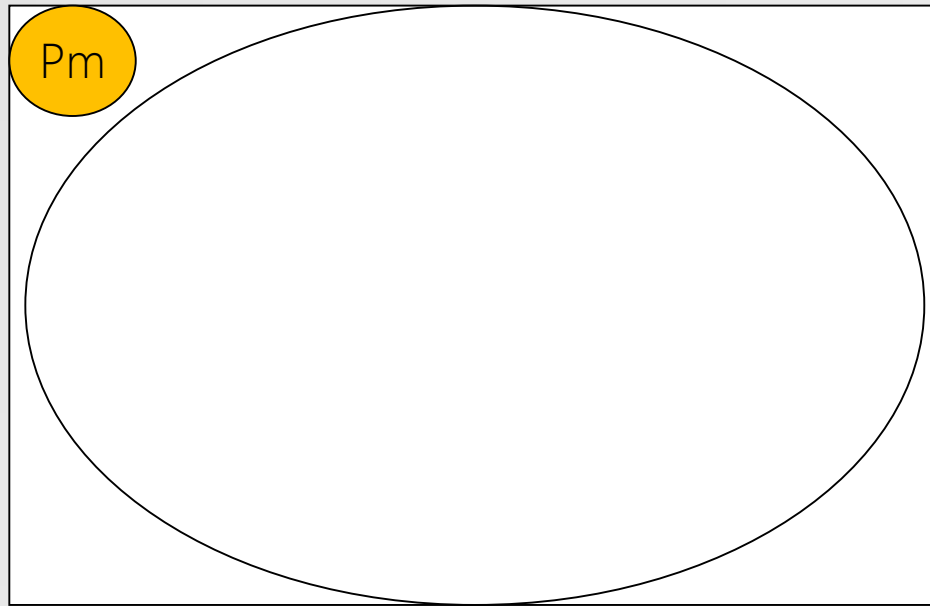


K2

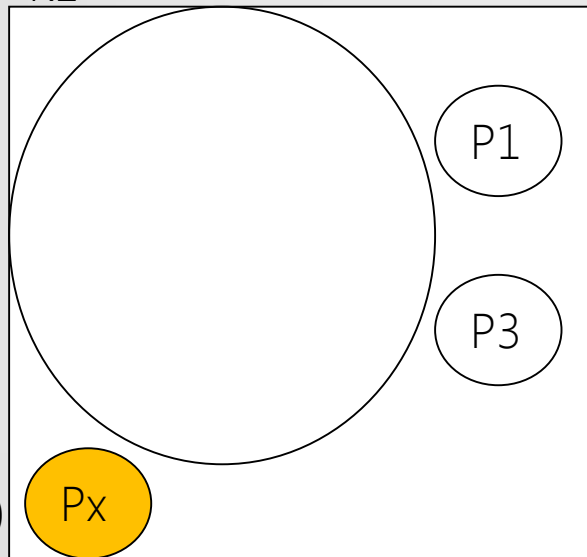


Συγκεντρωτικός εντοπισμός αδιεξόδου

- Υπάρχουν πολλοί διαχειριστές, καθένας υπεύθυνος μόνο για ένα υποσύνολο των πόρων του συστήματος.
- Κάθε διαχειριστής κρατά ένα γράφο χρήσης/αναμονής, με βάση τον οποίο μπορεί να εντοπίσει τοπικά αδιέξοδα.
- Για να εντοπιστούν τυχόν κατανεμημένα αδιέξοδα, οι διαχειριστές στέλνουν τους τοπικούς τους γράφους σε μια διακεκριμένη διεργασία P_m που κατασκευάζει τον καθολικό γράφο αναμονής για όλο το σύστημα.
 - αν σχηματιστεί κύκλος, τότε ίσως υπάρχει αδιέξοδο.
- Μέρος της επικοινωνίας για λήψη αδειών γίνεται τοπικά.
- Απαιτείται όμως επιπλέον επικοινωνία για την ανανέωση του καθολικού γράφου στην διεργασία P_m .

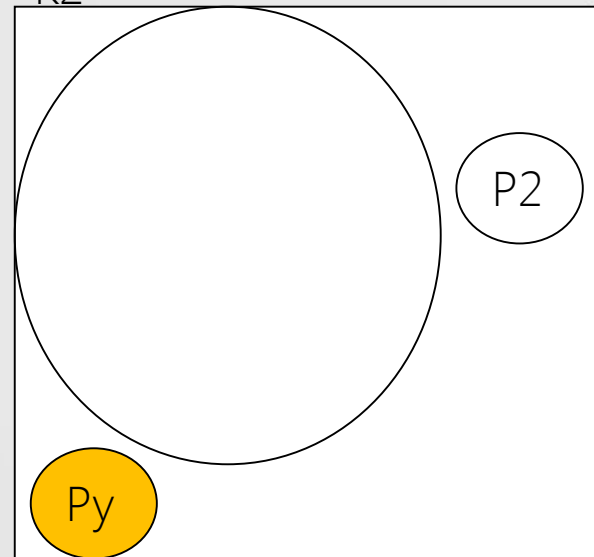


K1



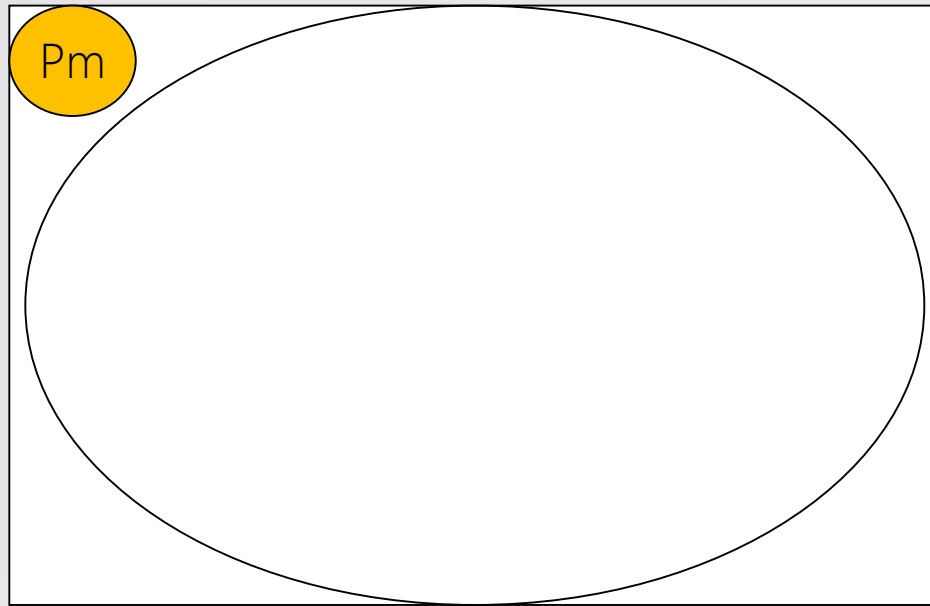
(R1,R3)

K2

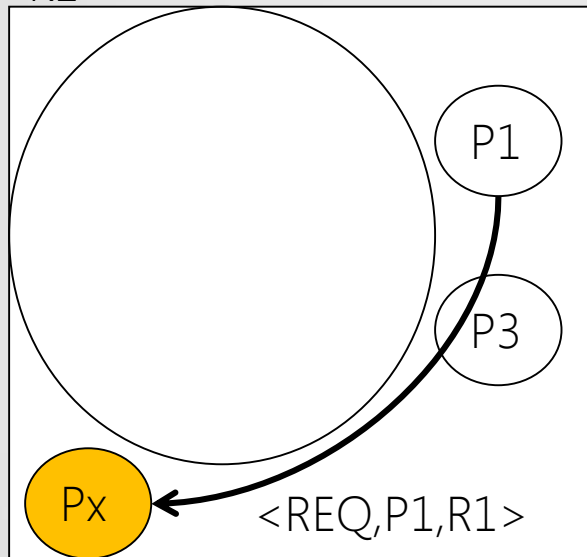


(R2)

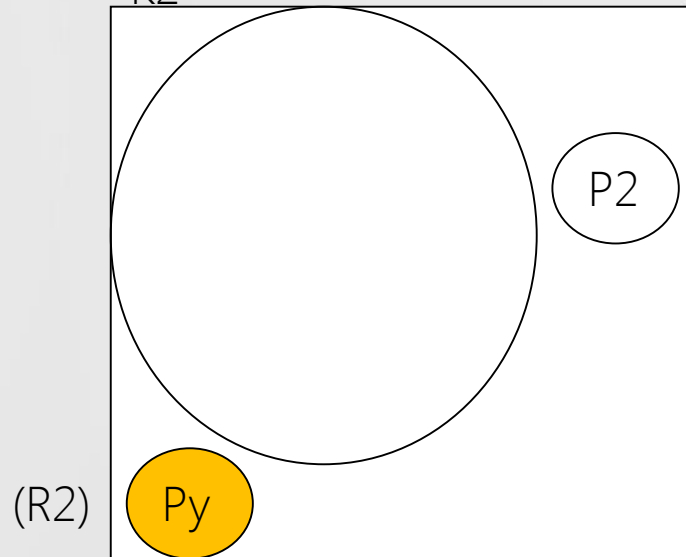


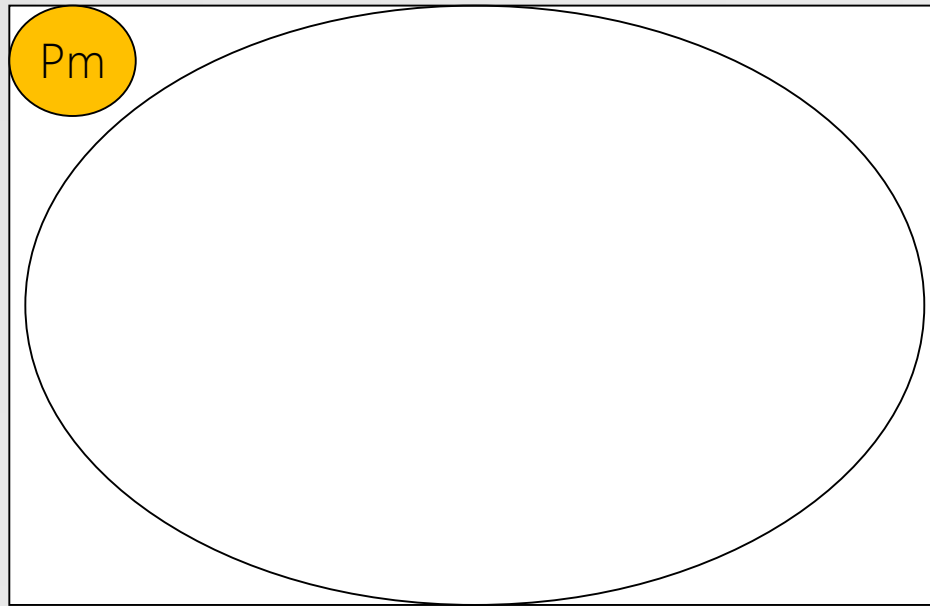


K1

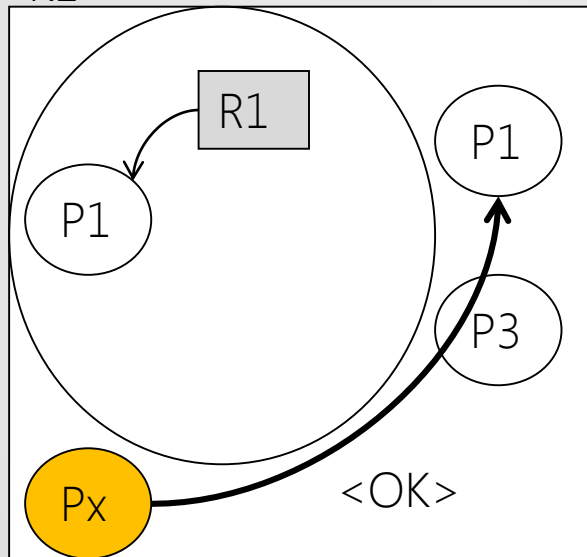


K2

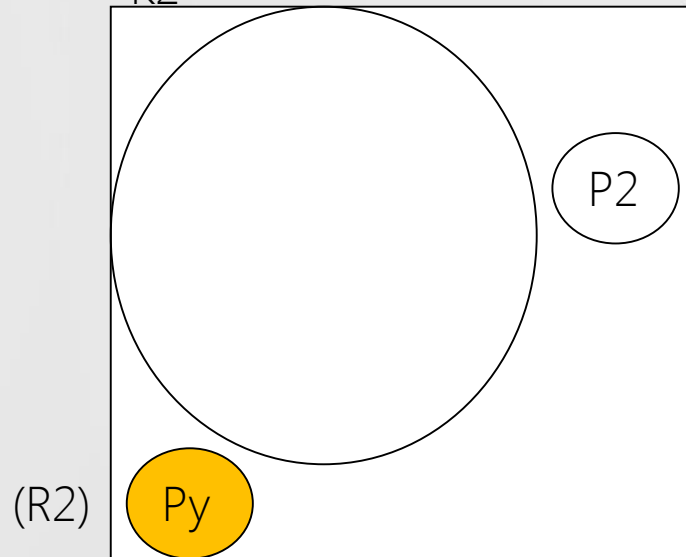


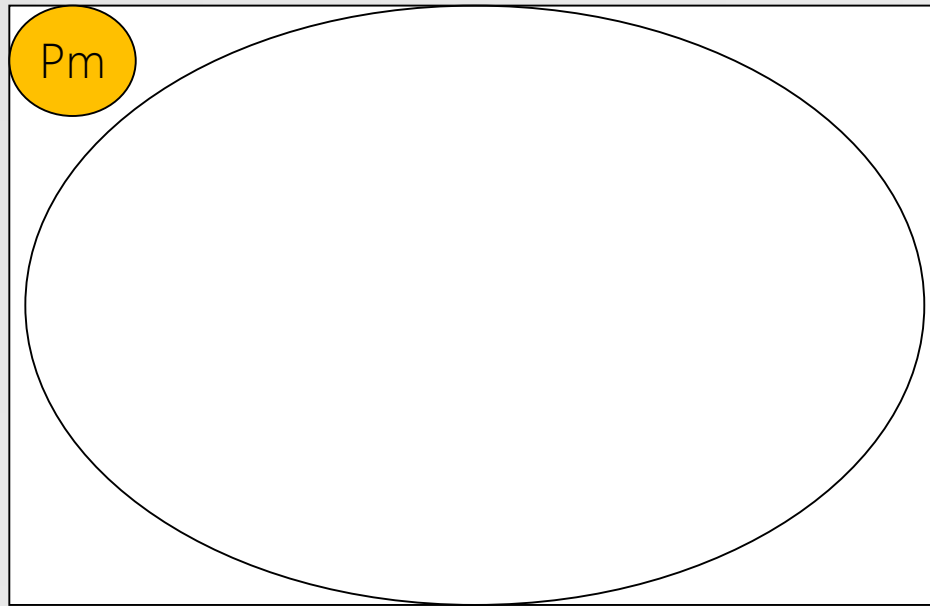


K1

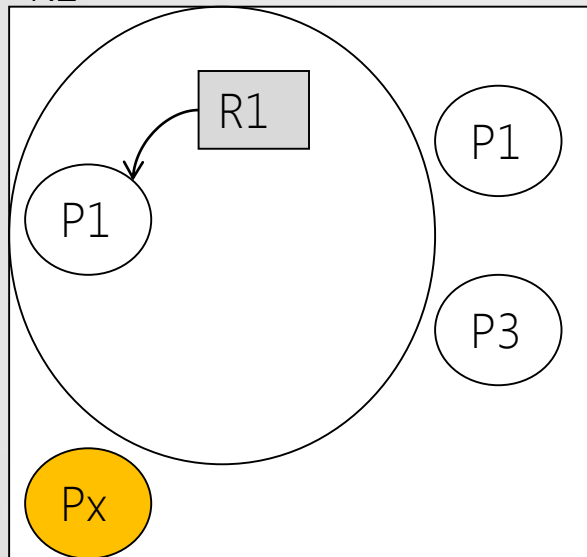


K2

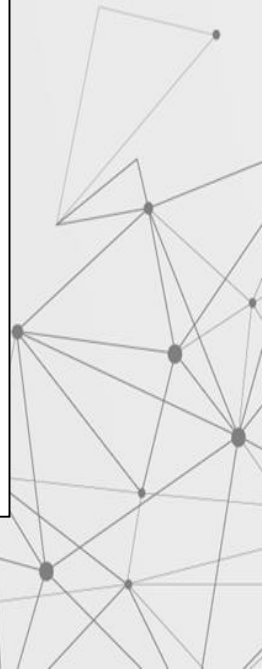
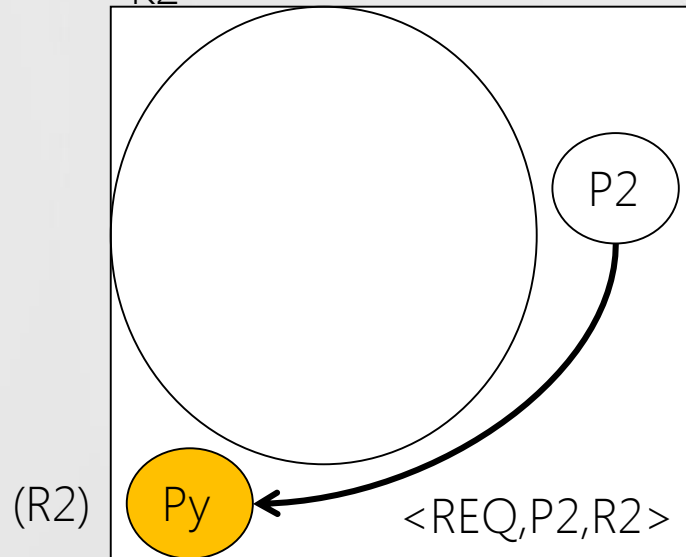


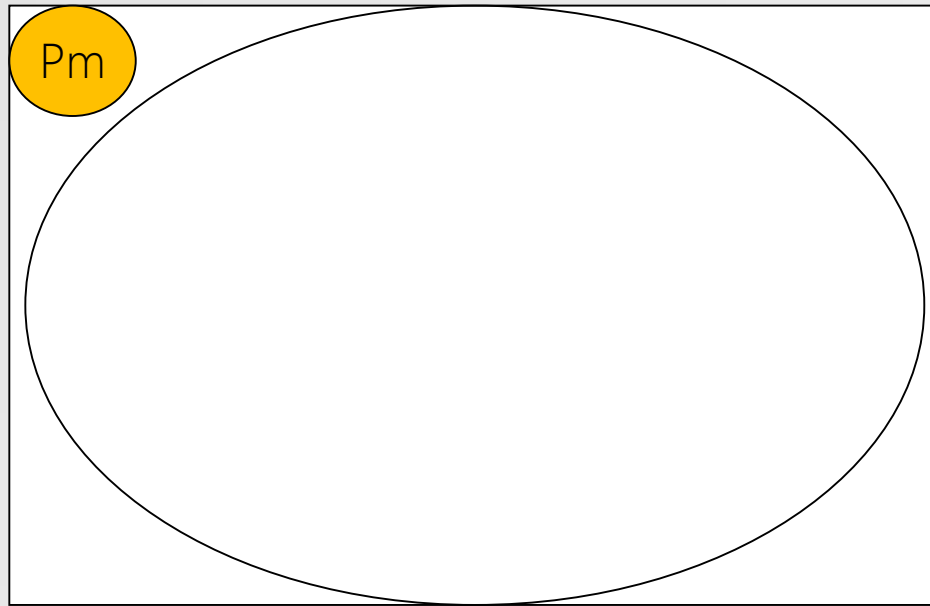


K1

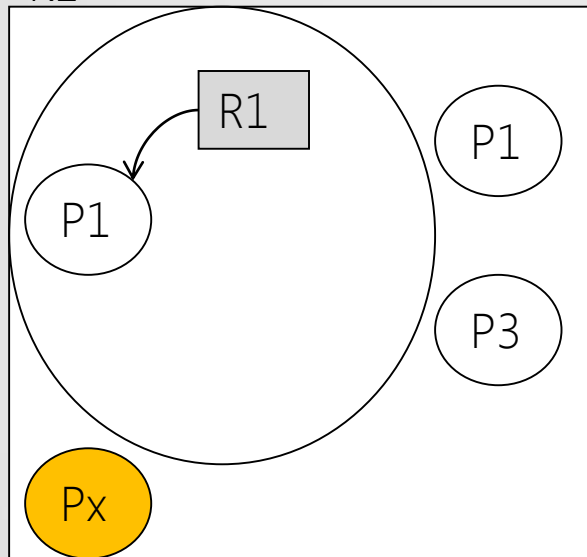


K2

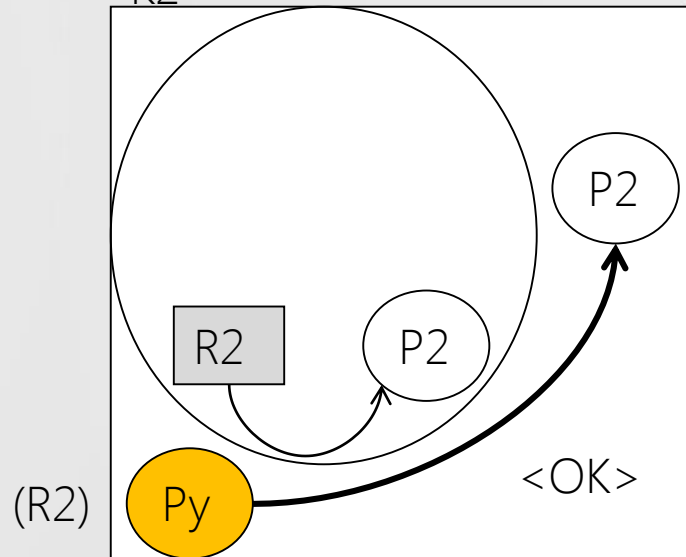


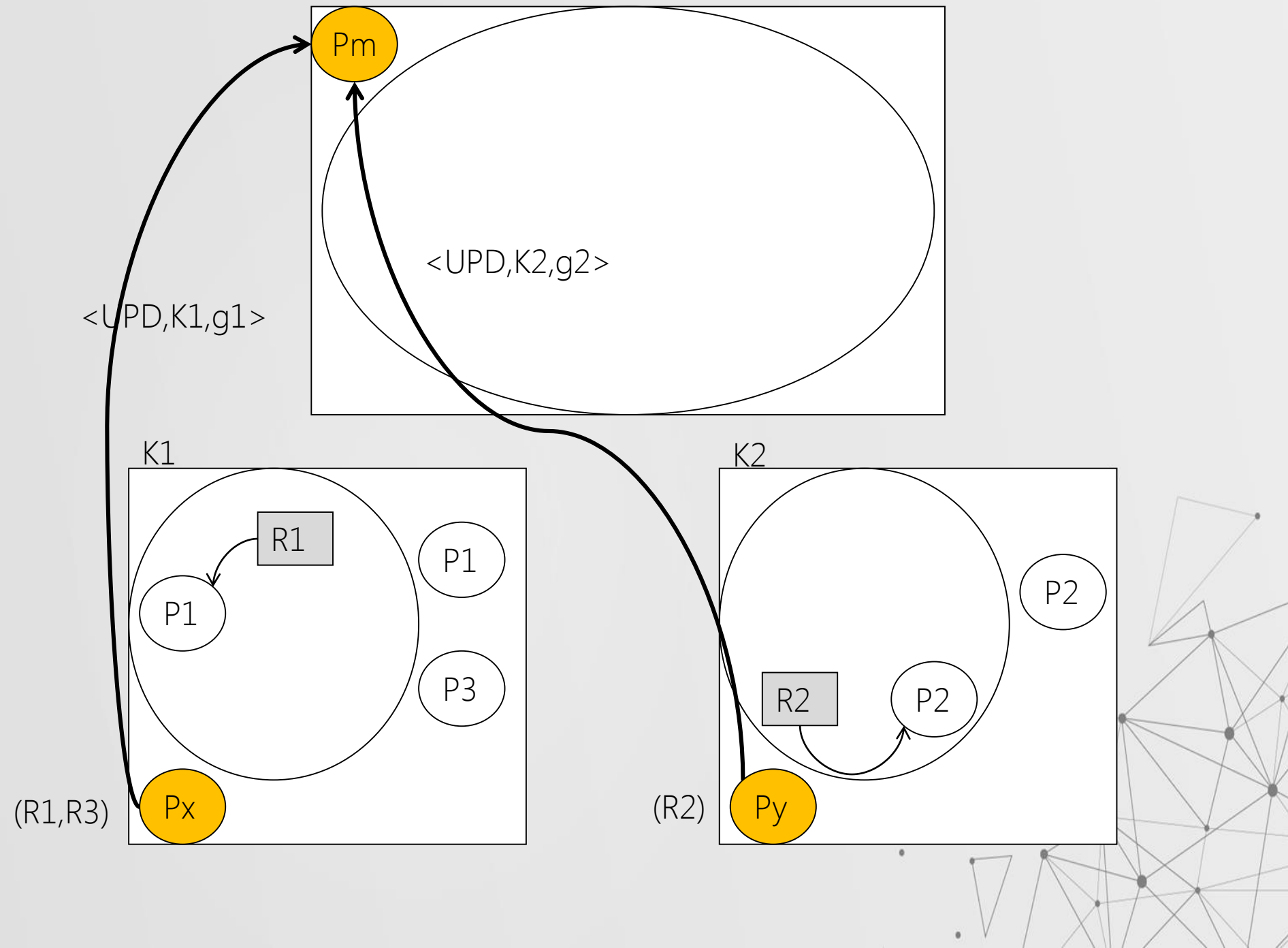


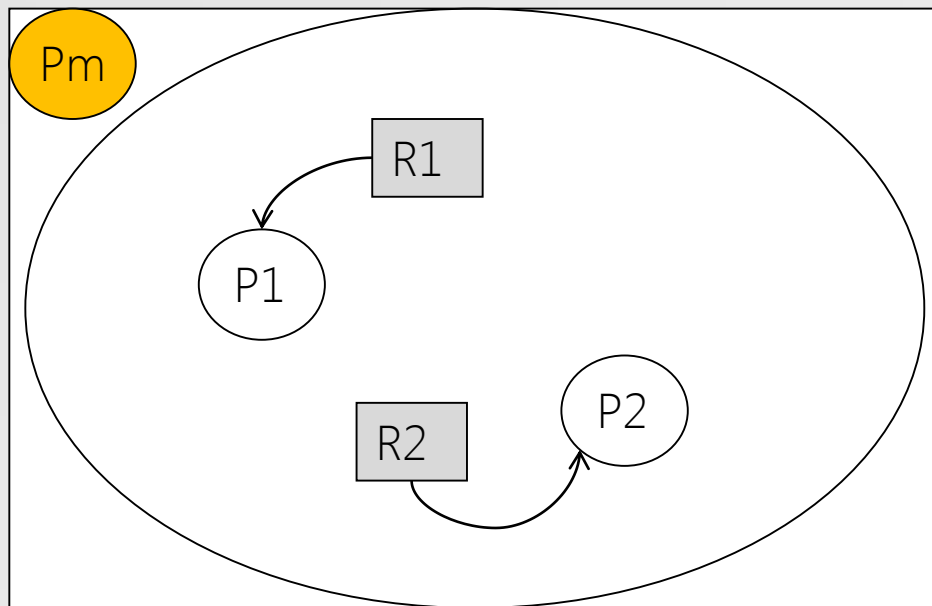
K1



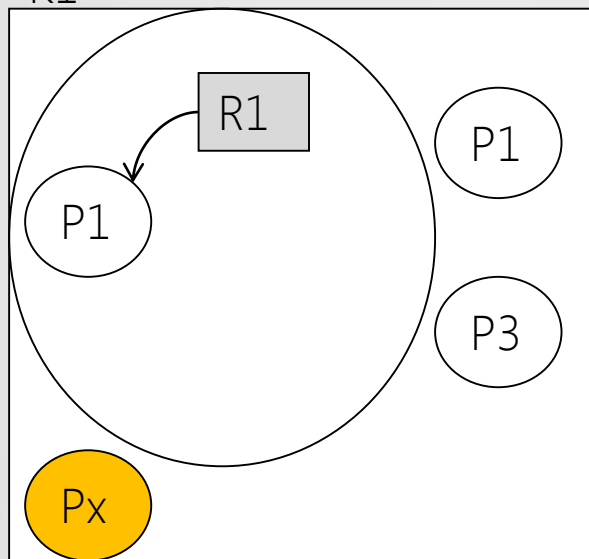
K2



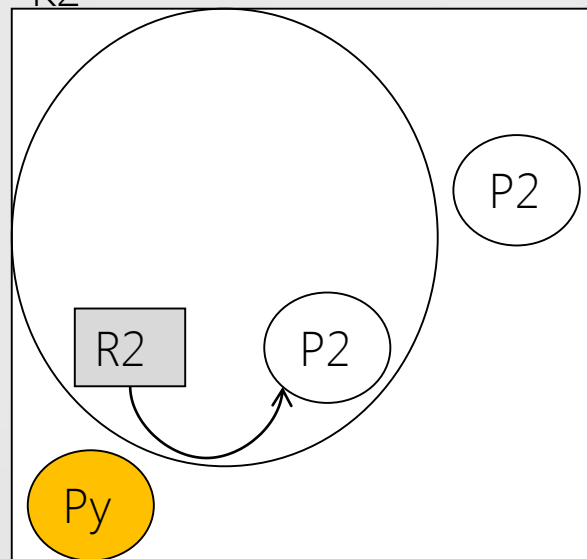




K1

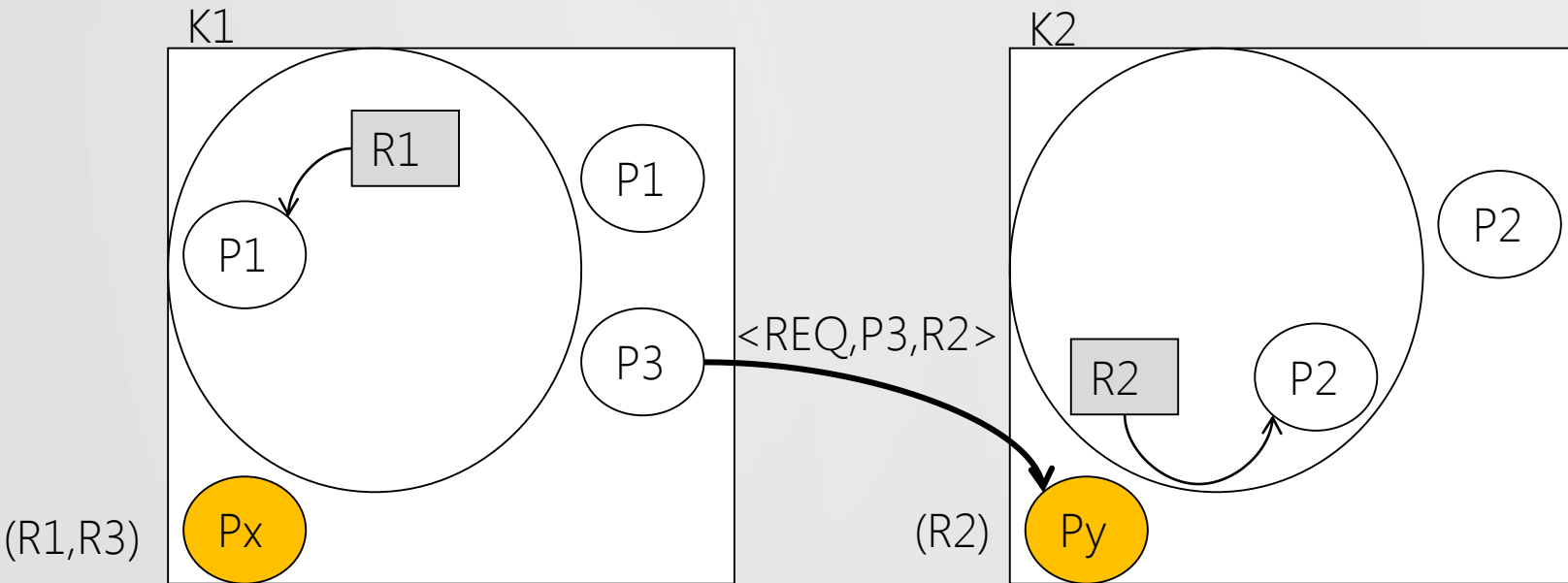
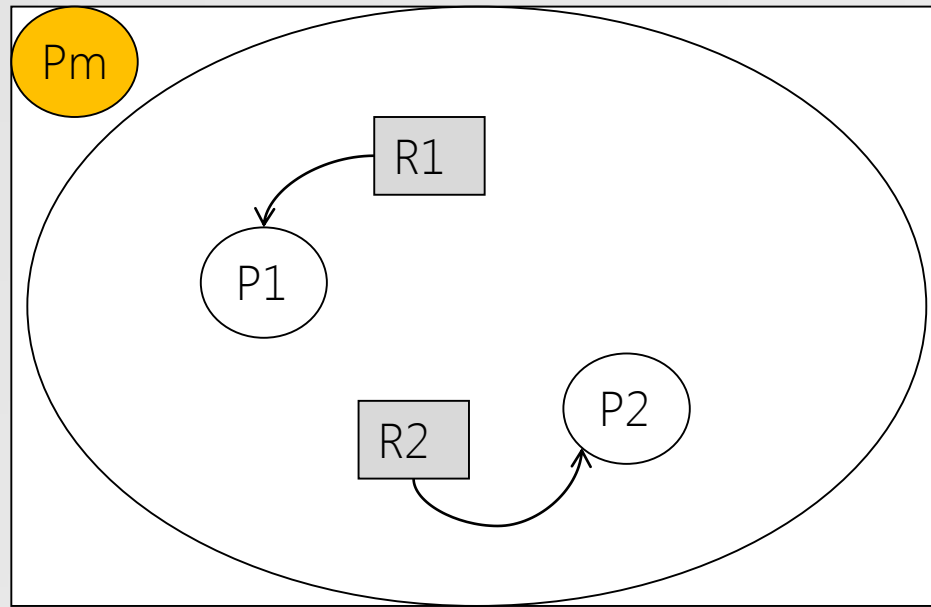


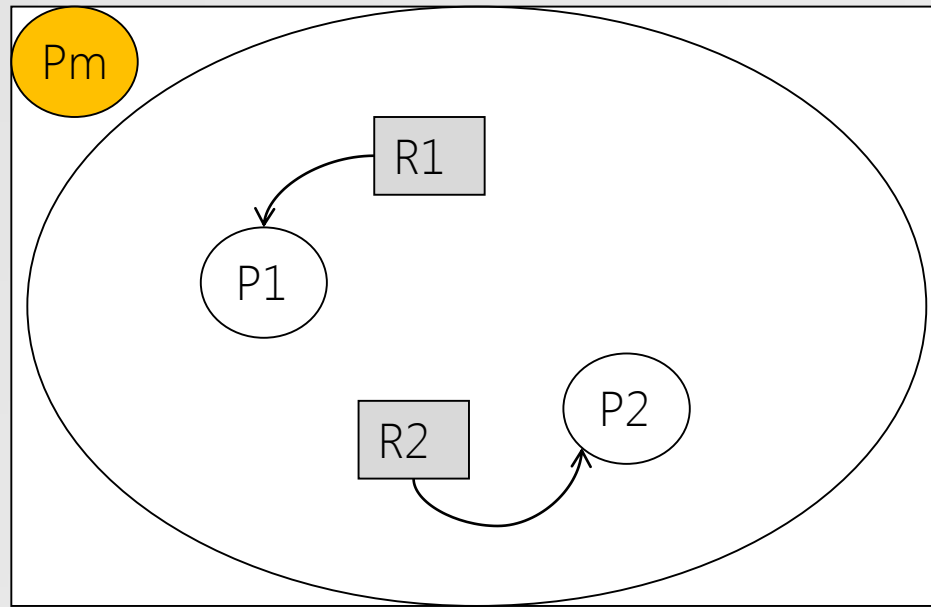
K2



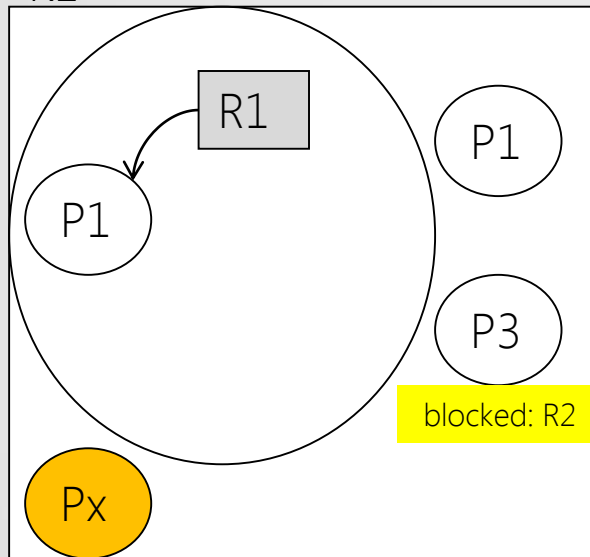
(R2)

(R1,R3)

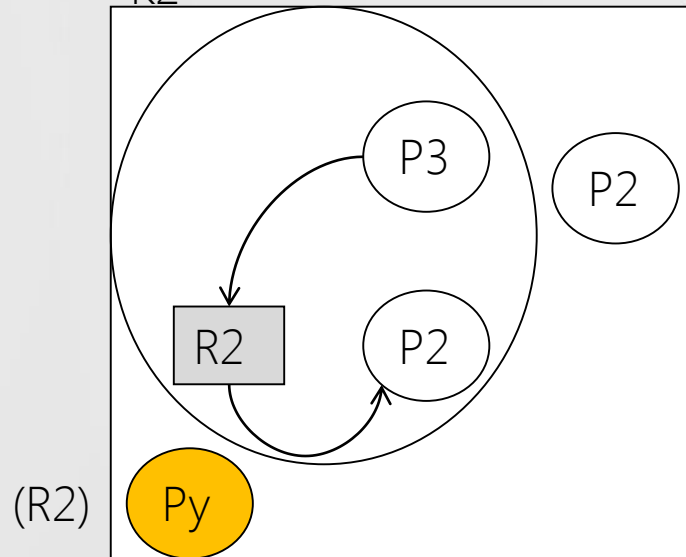


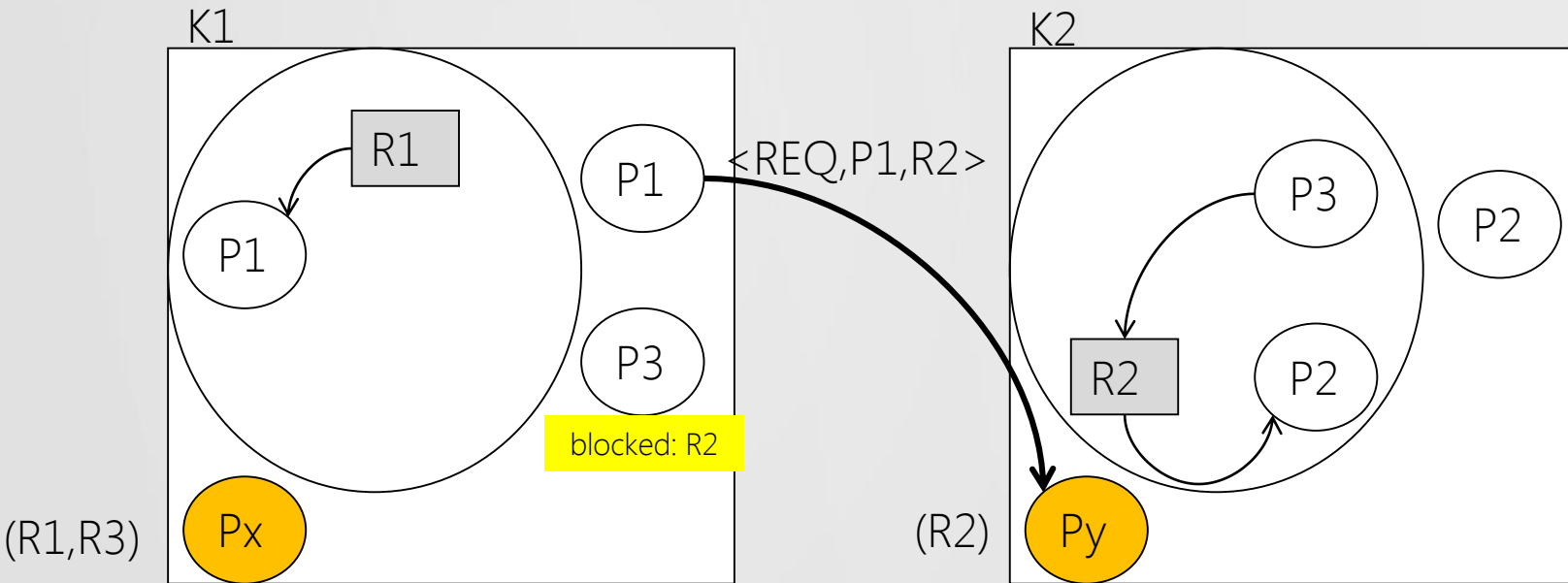
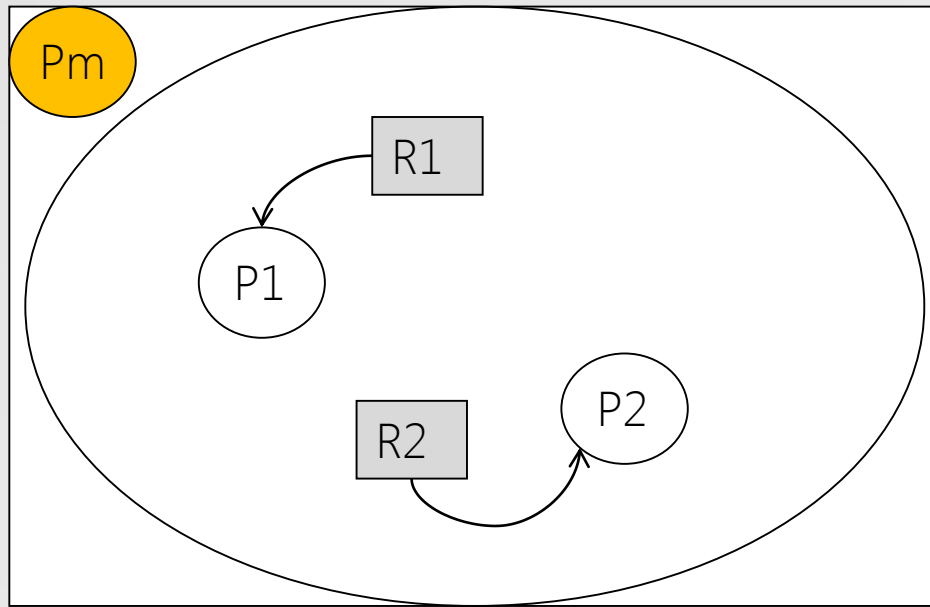


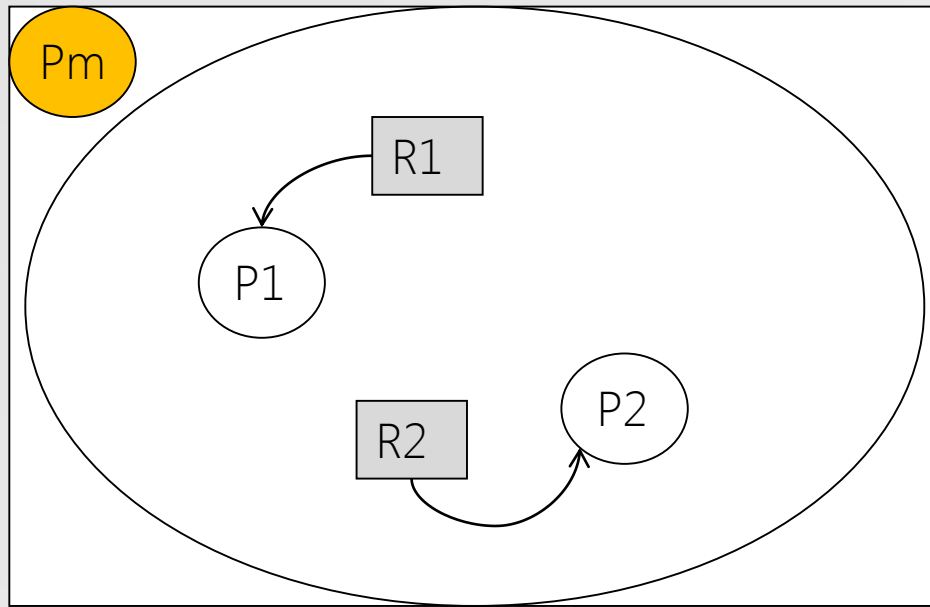
K1



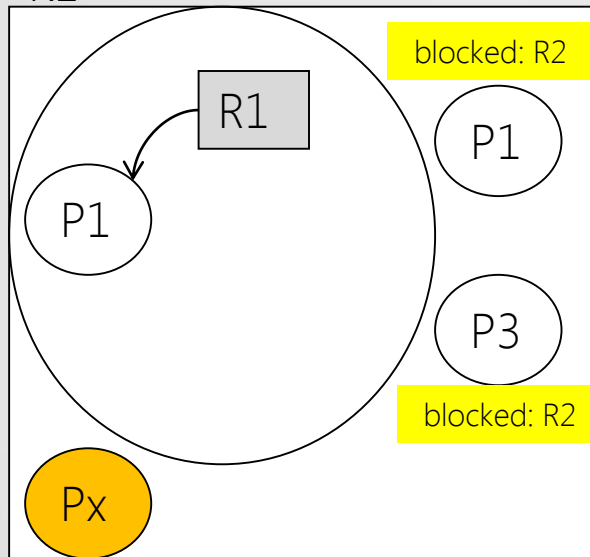
K2



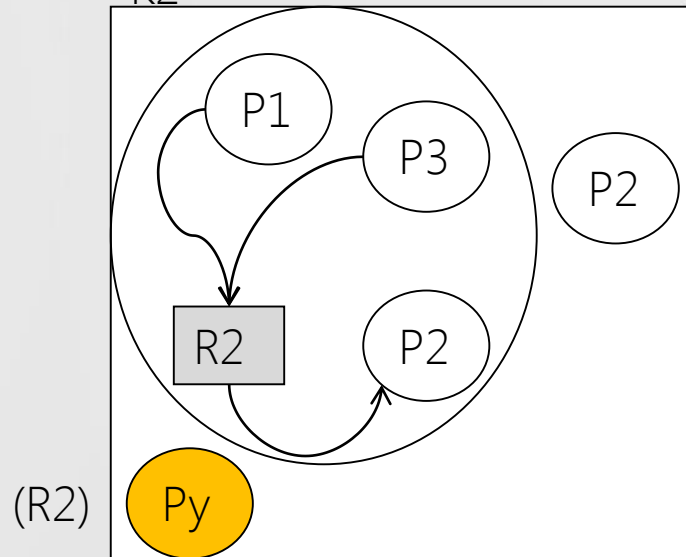


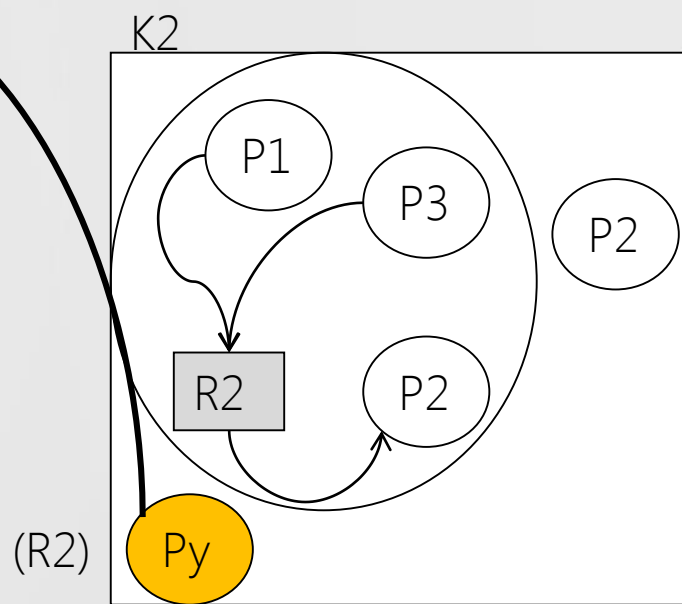
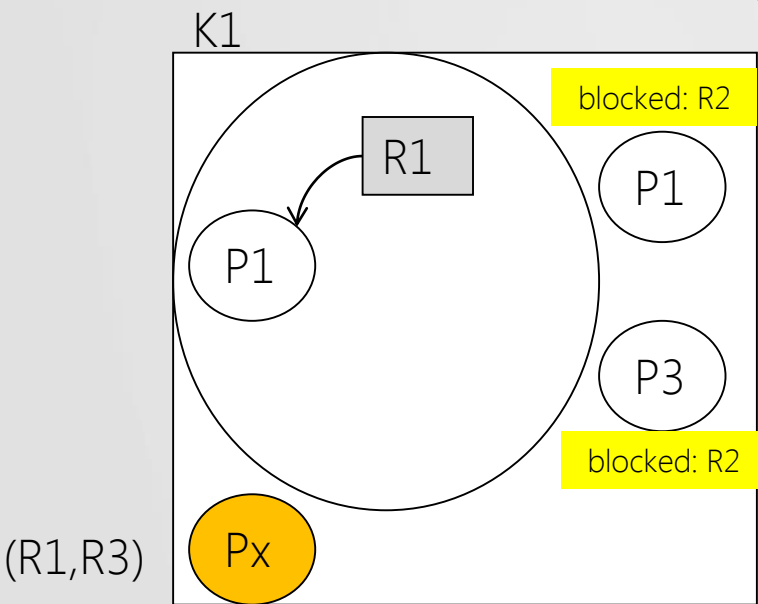
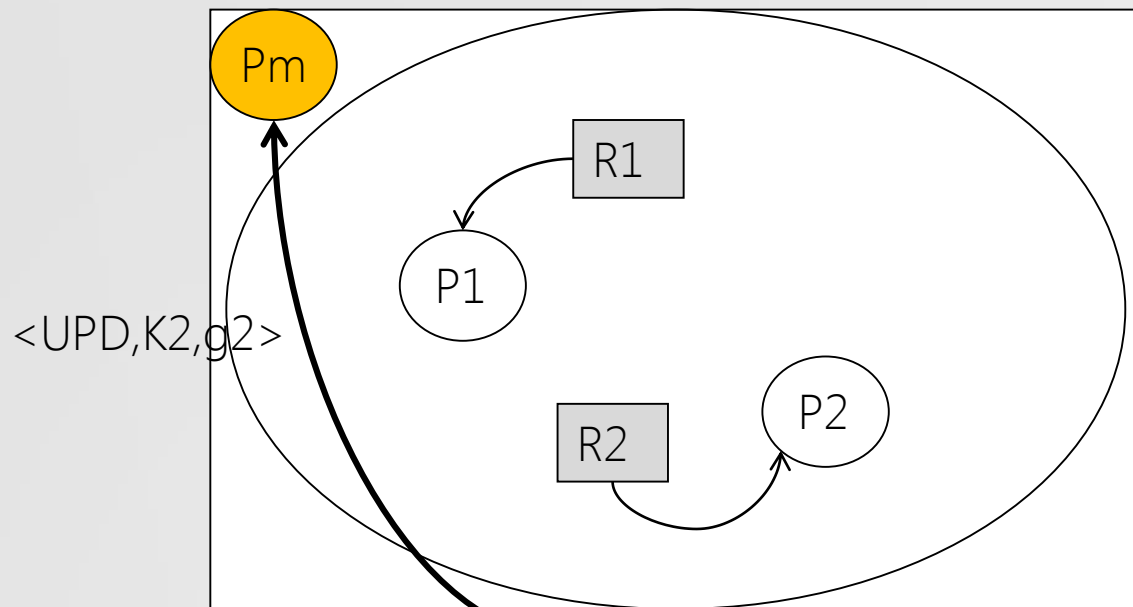


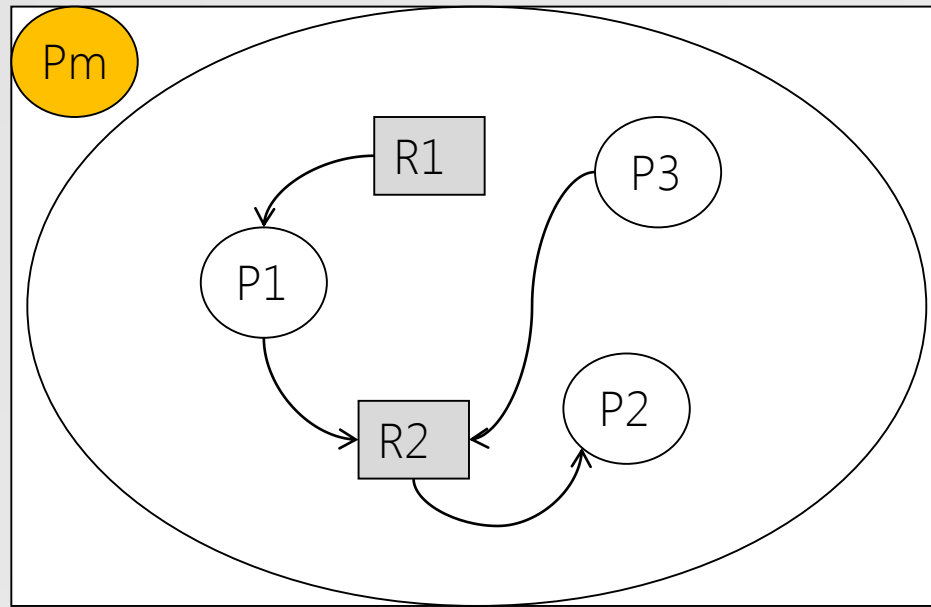
K1



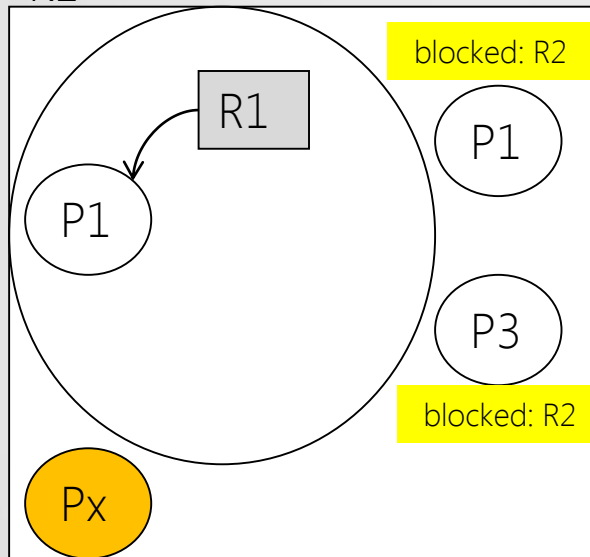
K2



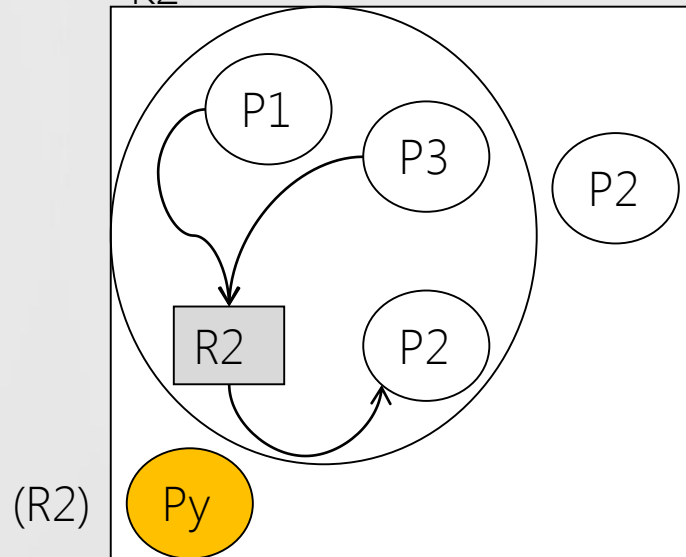


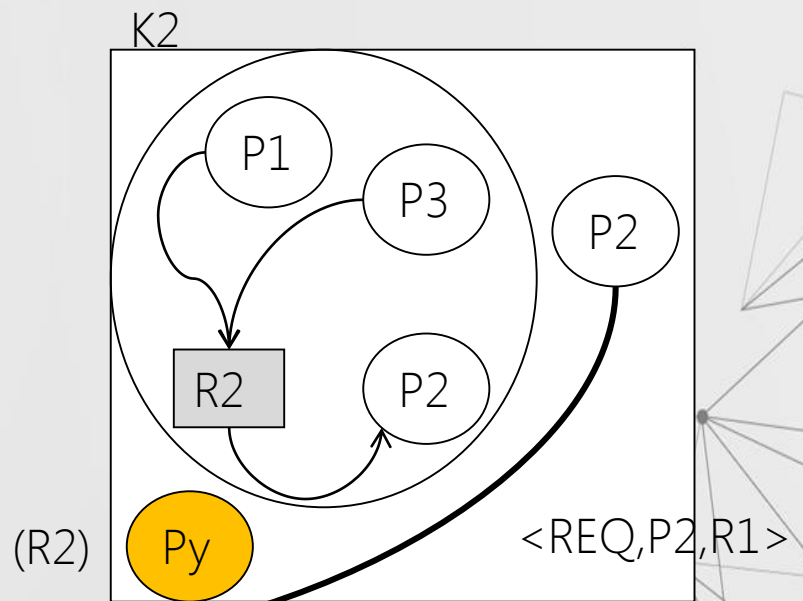
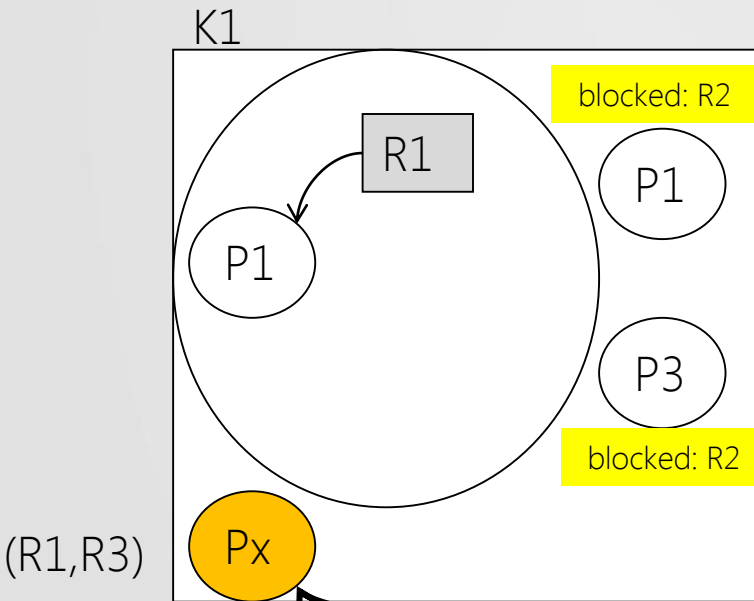
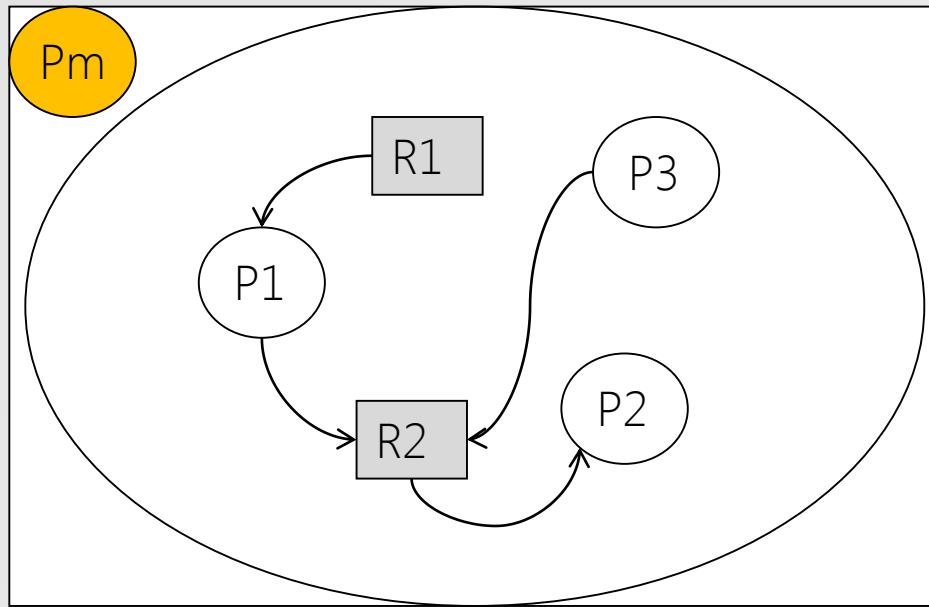


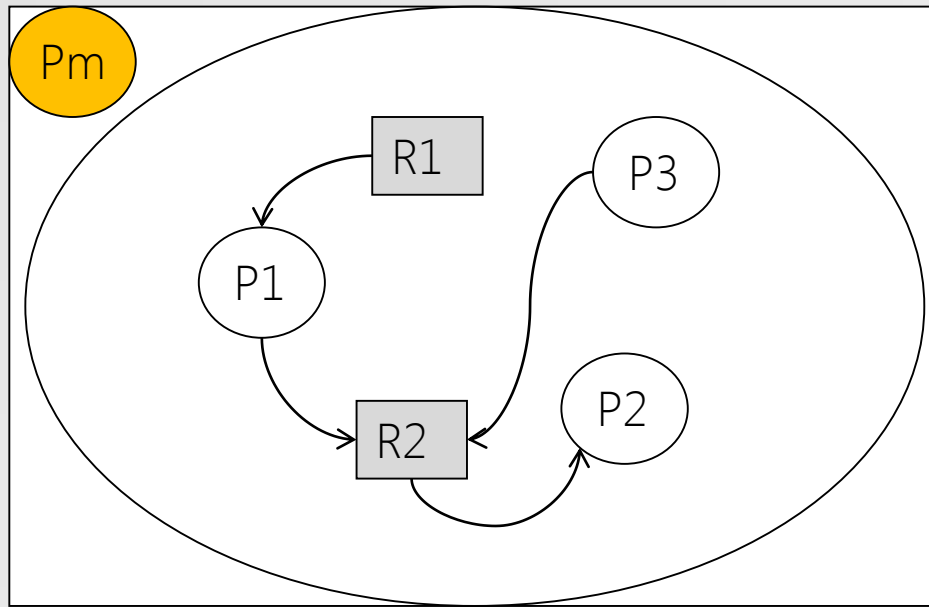
K1



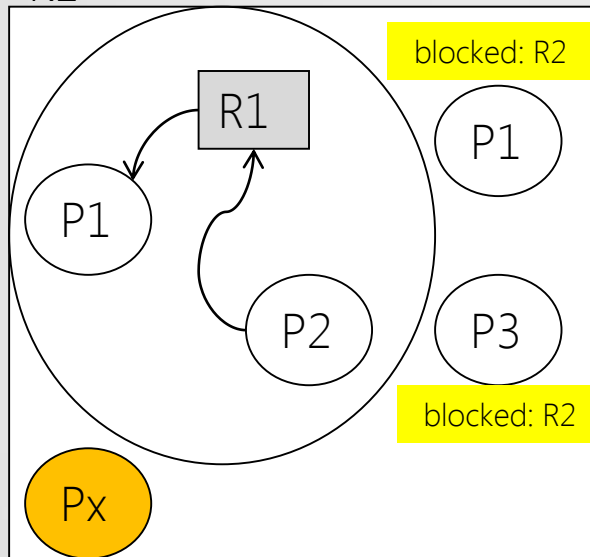
K2



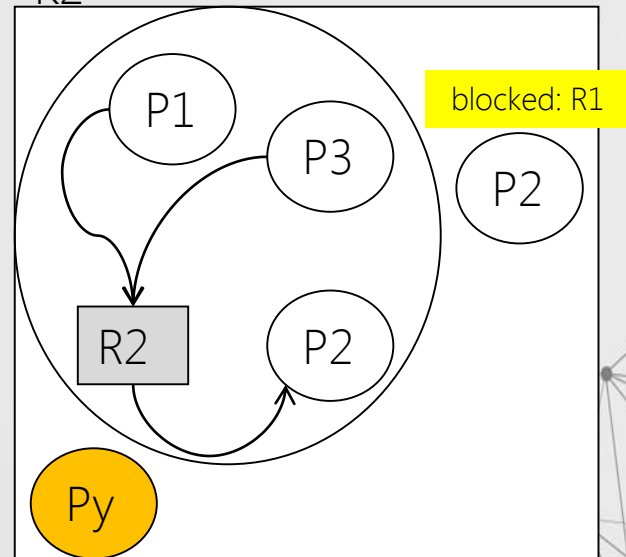




K1

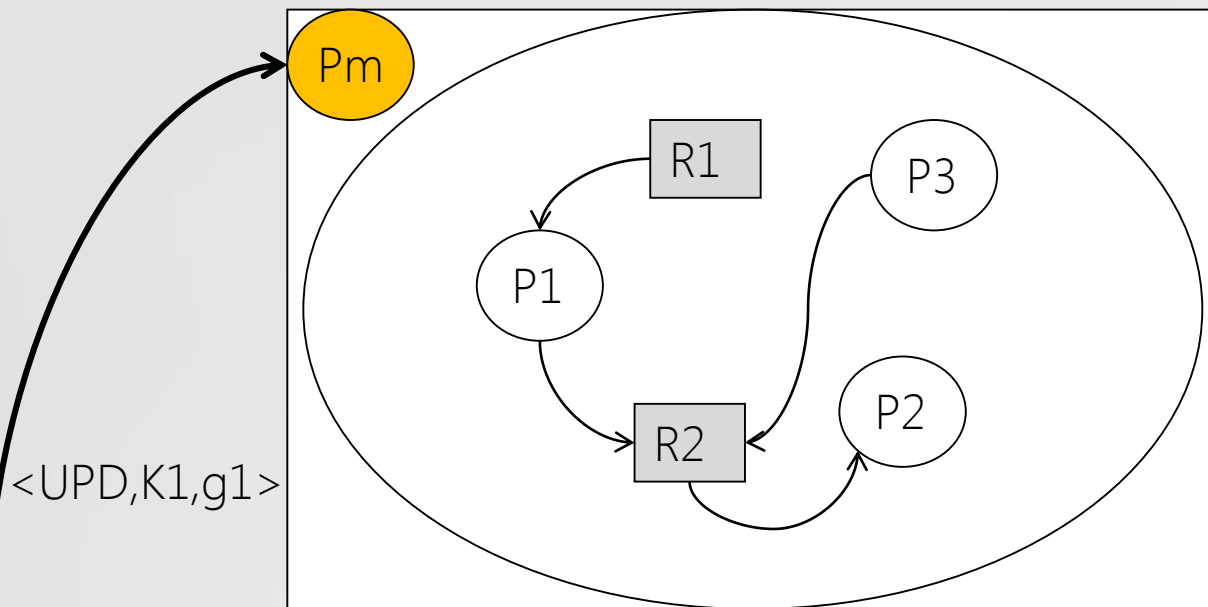


K2

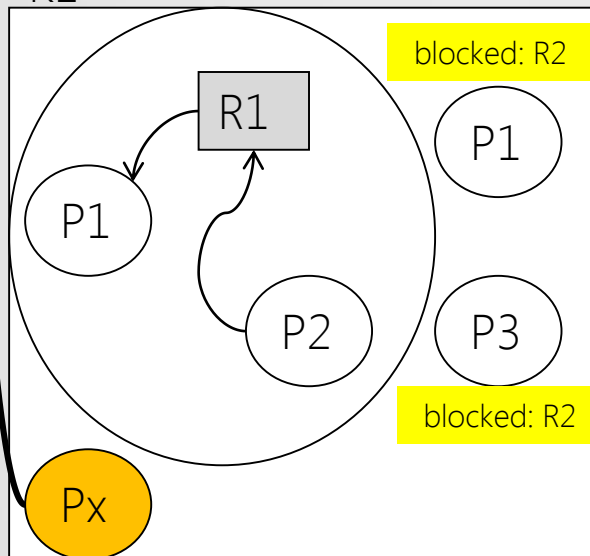


(R1,R3)

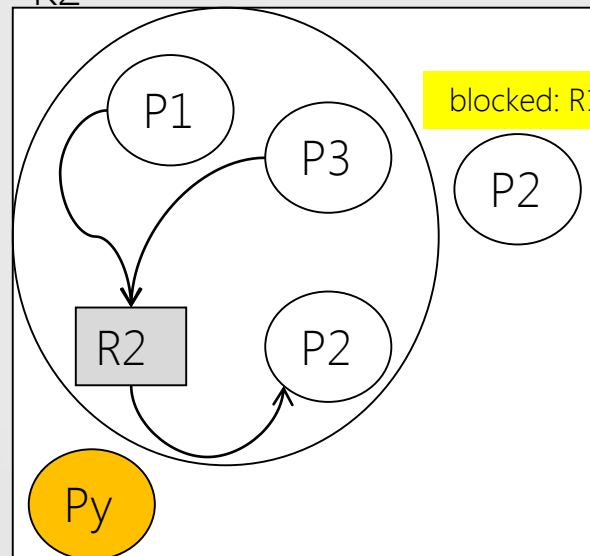
(R2)

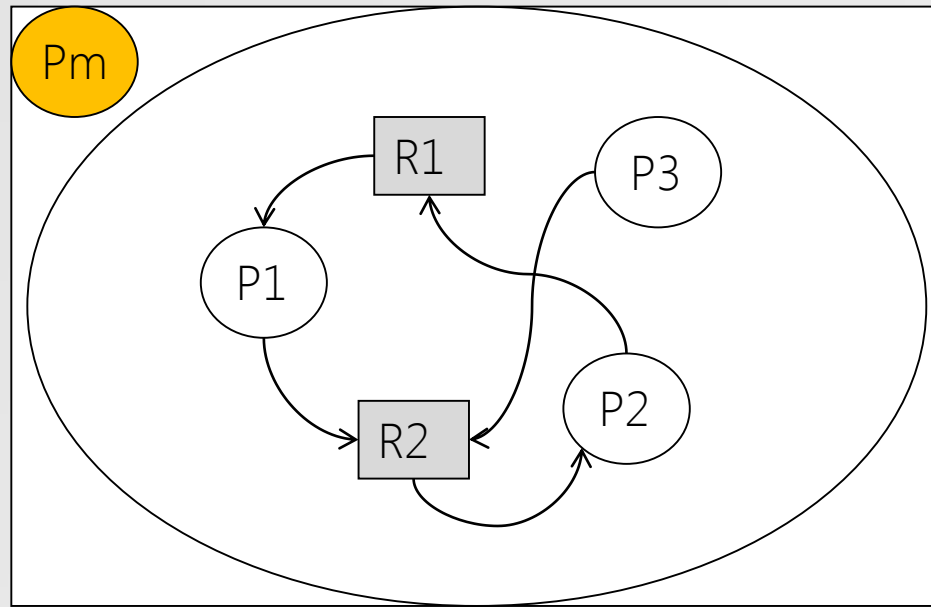


K1

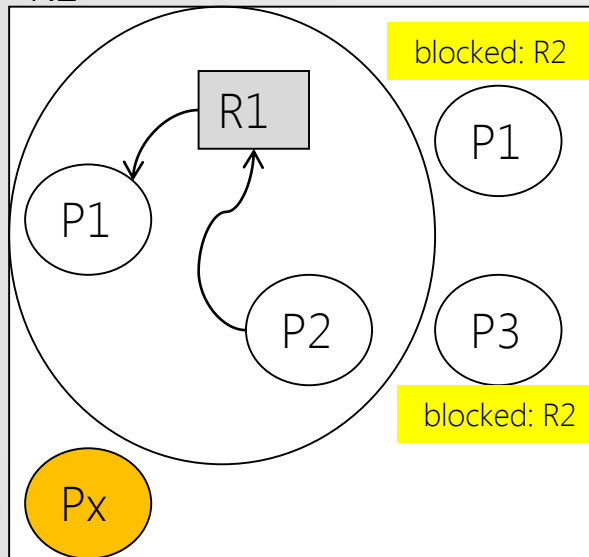


K2

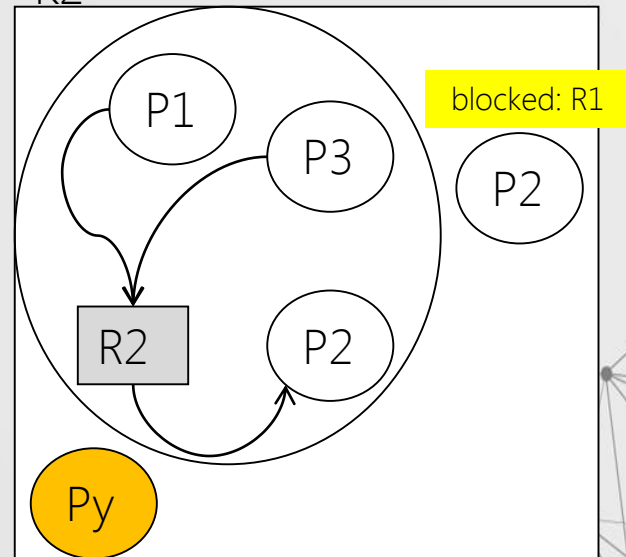




K1

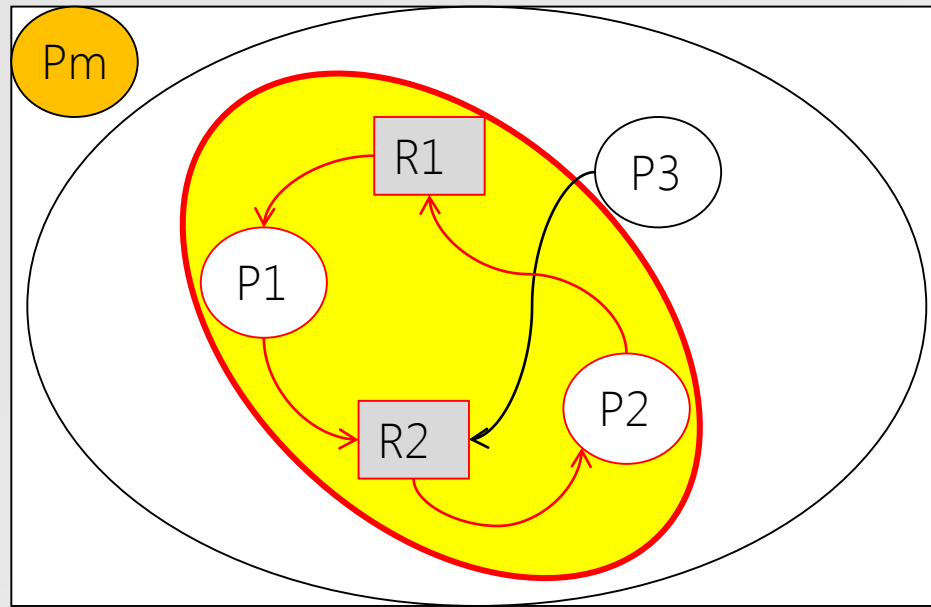


K2

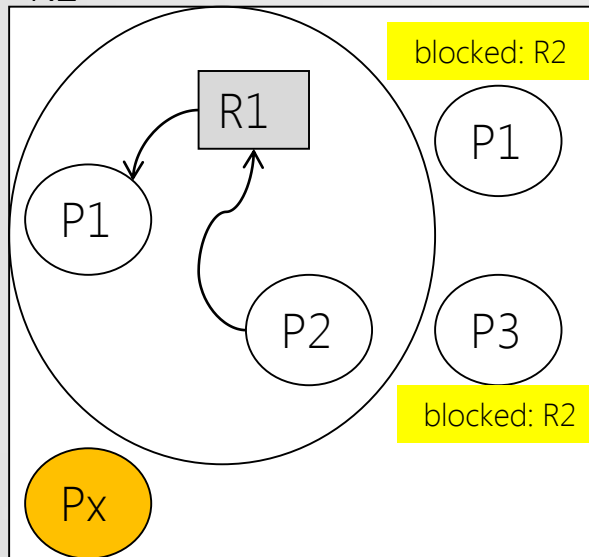


(R1,R3)

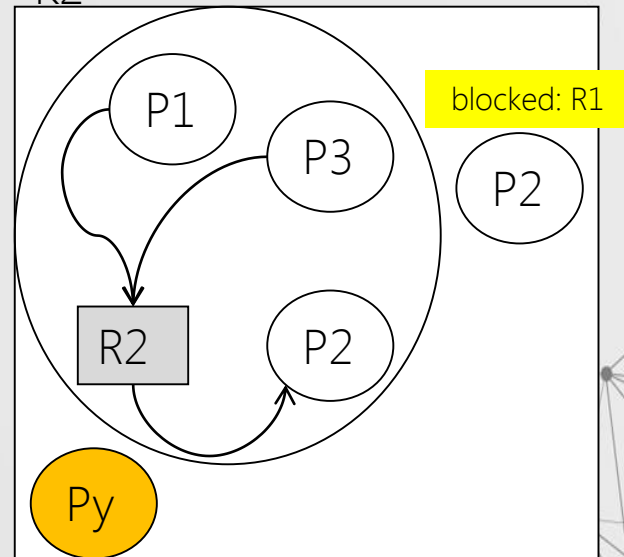
(R2)



K1



K2



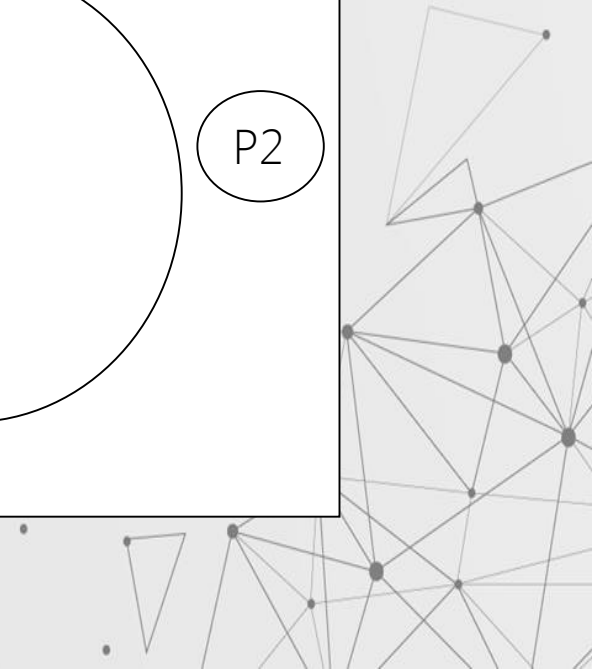
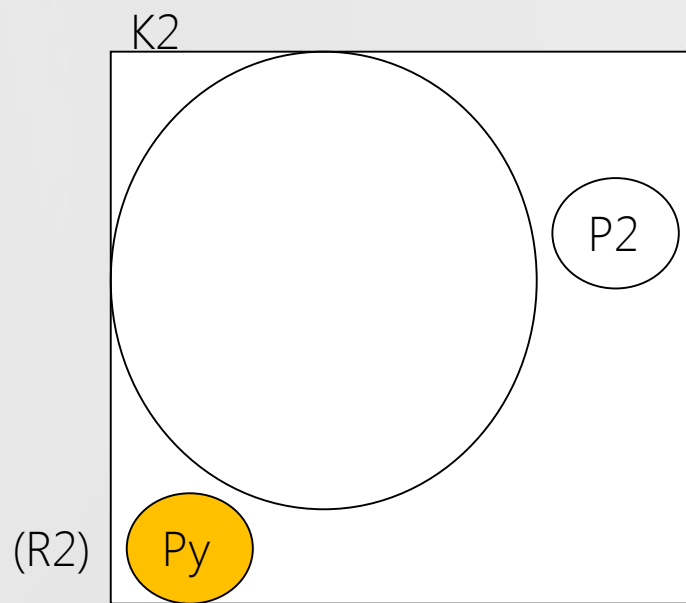
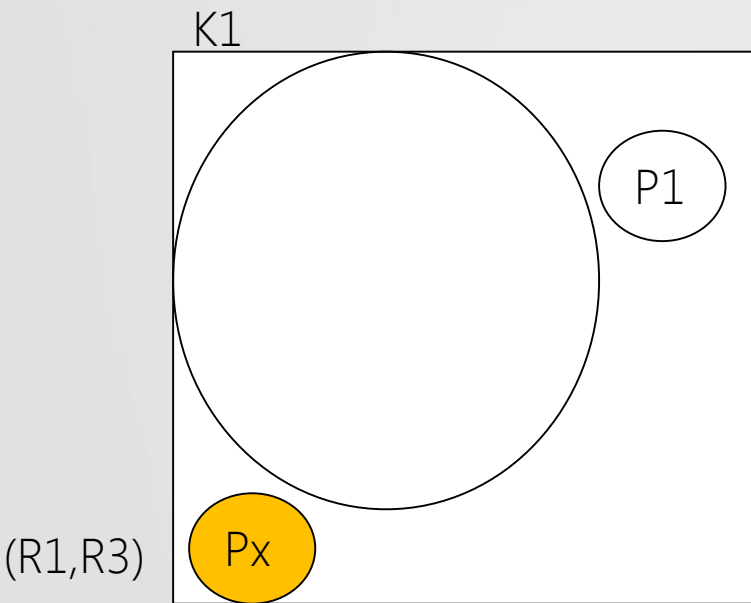
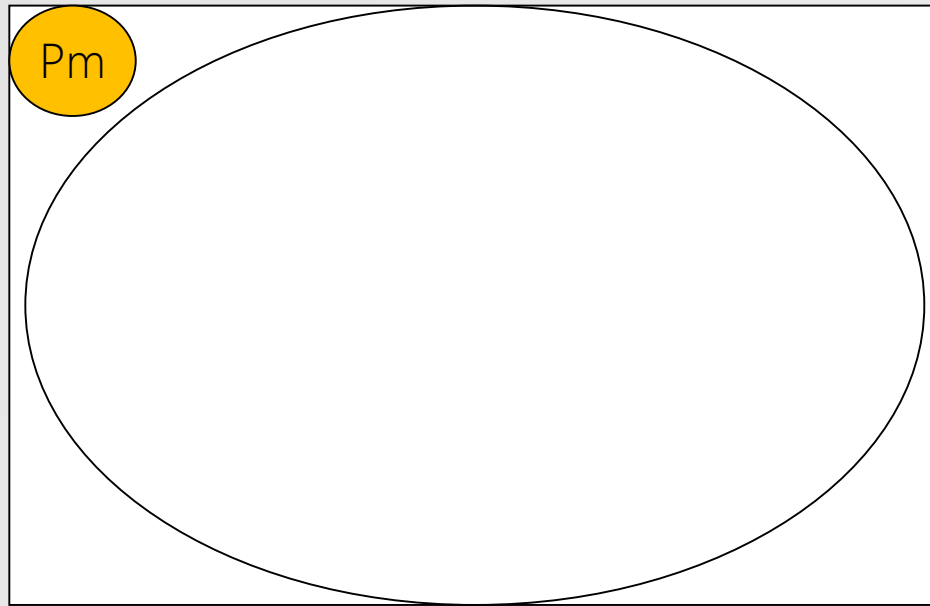
(R1,R3)

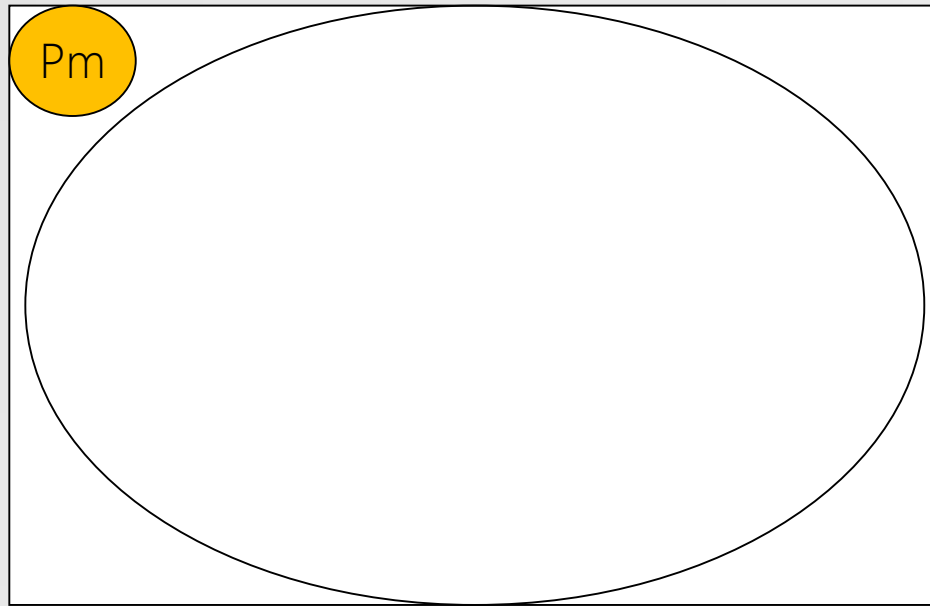
(R2)

Μη υφιστάμενα αδιέξοδα (φαντάσματα)

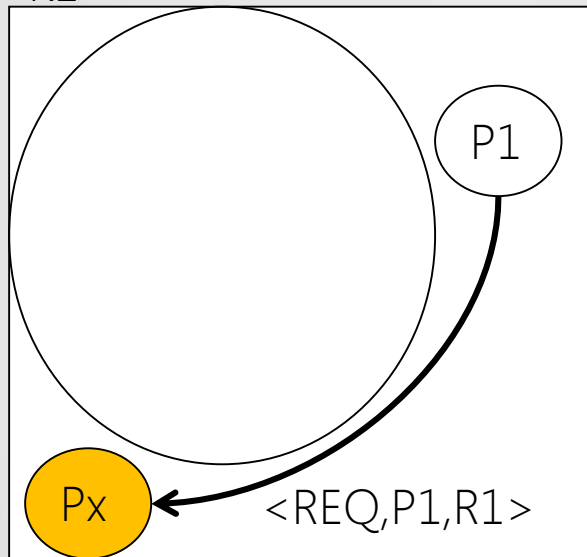
- Λόγω ασύγχρονης επικοινωνίας, μπορεί να εντοπιστούν αδιέξοδα-φαντάσματα (phantom deadlocks).
 - που δεν υφίστανται στην πραγματικότητα.
- Παράδειγμα:
 - P1 ζητά και λαμβάνει άδεια για R1.
 - P2 ζητά και λαμβάνει άδεια για R2.
 - P1 ζητά άδεια για R2 και μπλοκάρει.
 - οι P_x και P_y στέλνουν τους τοπικούς γράφους στην P_m.
 - P2 στέλνει μήνυμα απελευθέρωσης του R2.
 - P1 λαμβάνει άδεια χρήσης του R2.
 - P2 ζητά άδεια για R1.
 - ο P_x στέλνει τον τοπικό γράφο στην P_m.



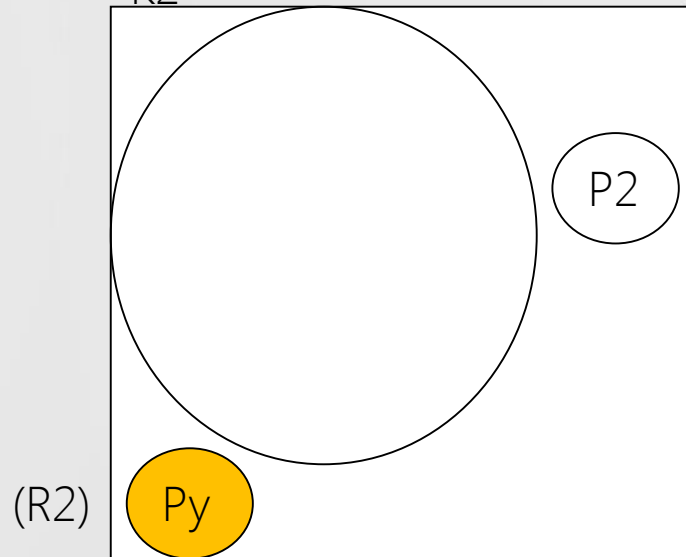


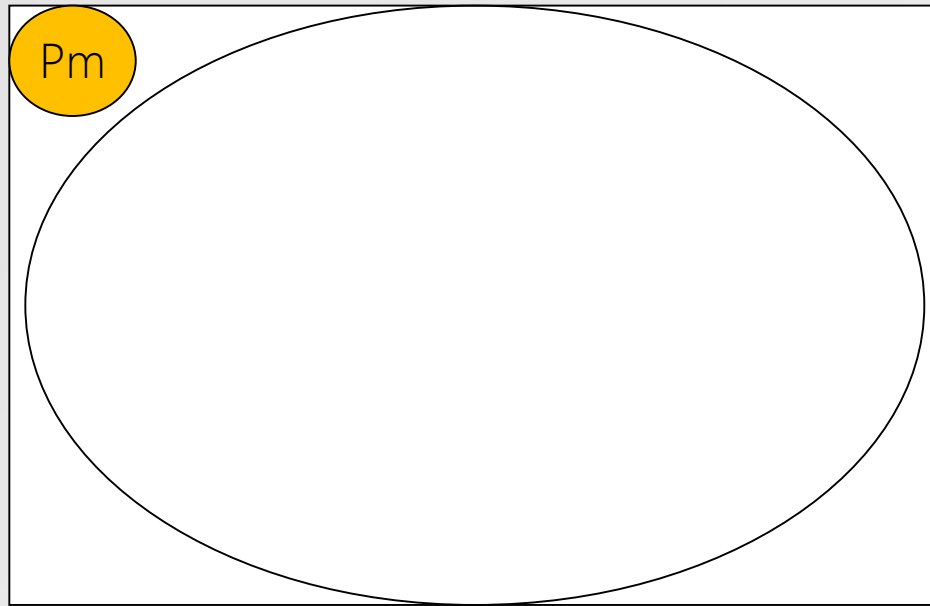


K1

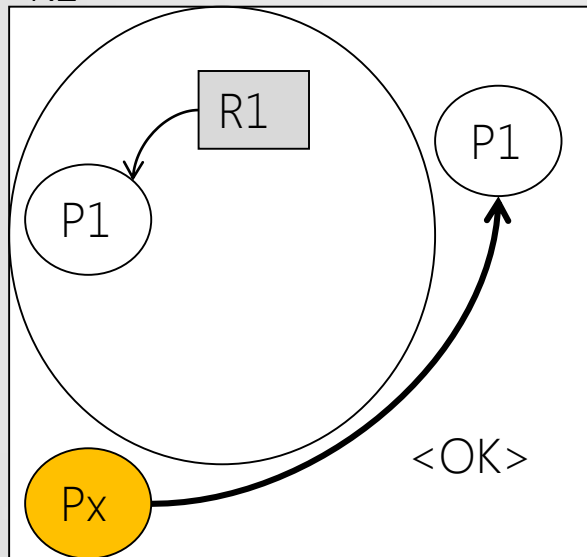


K2

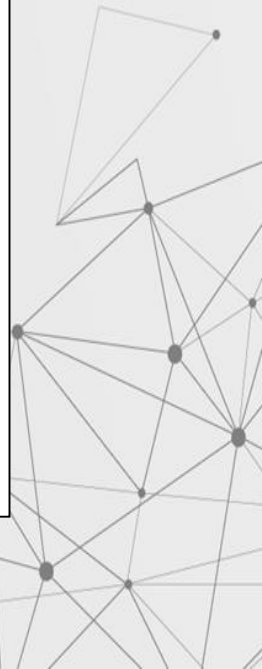
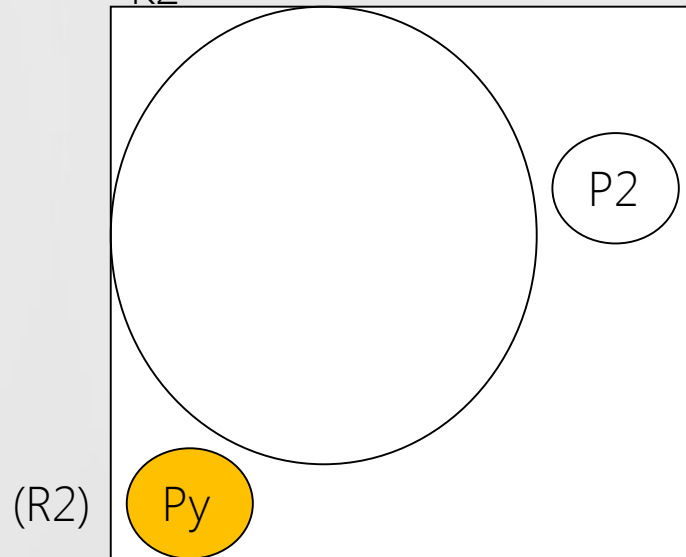


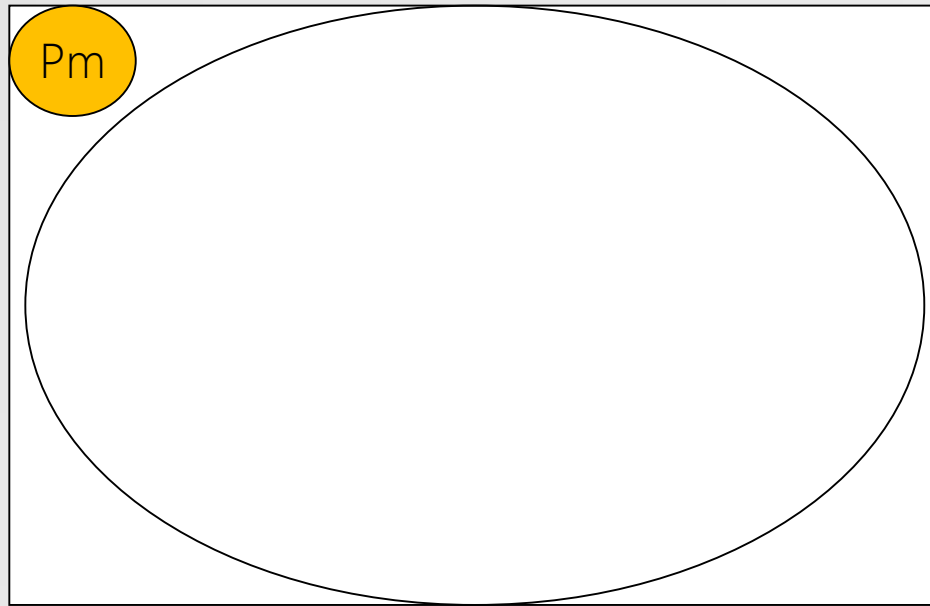


K1

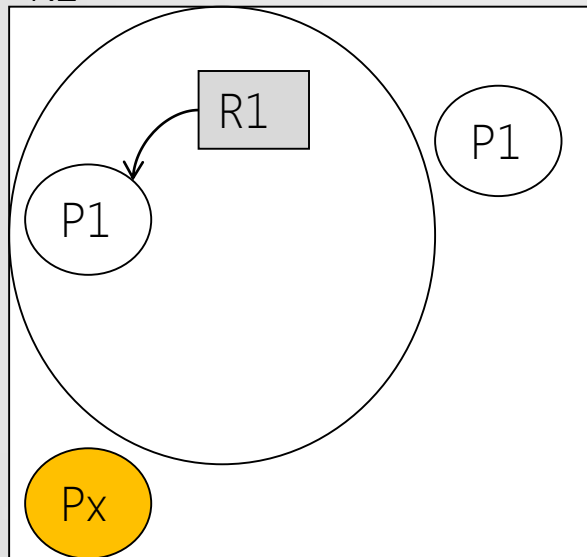


K2

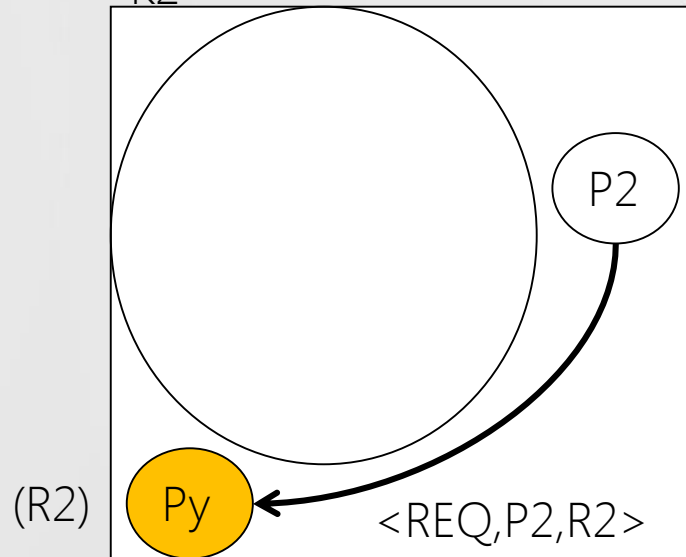


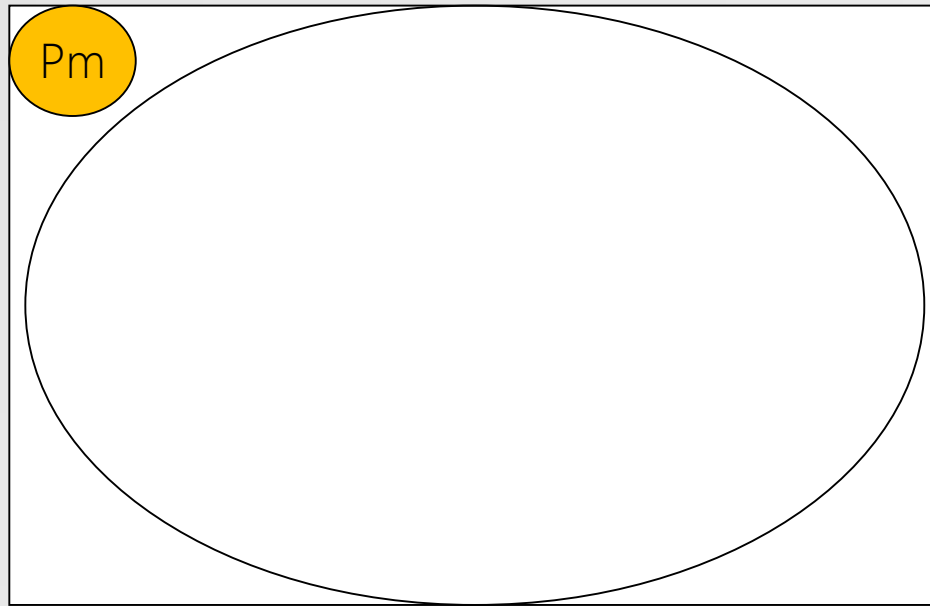


K1

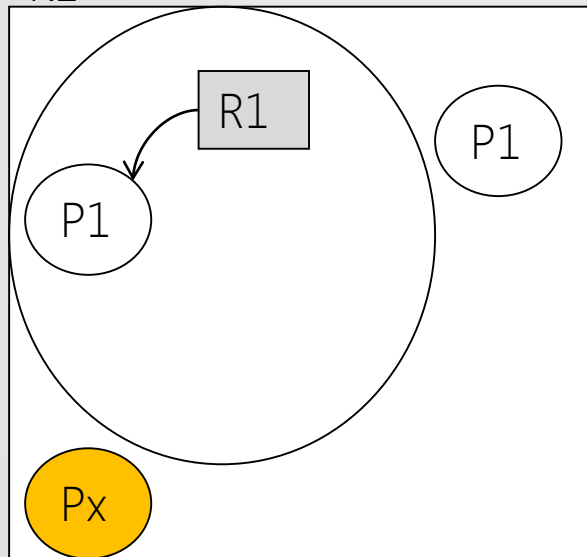


K2

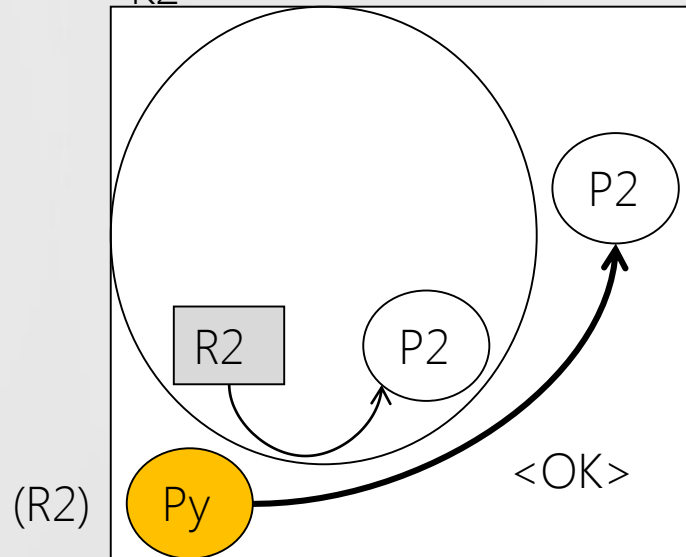


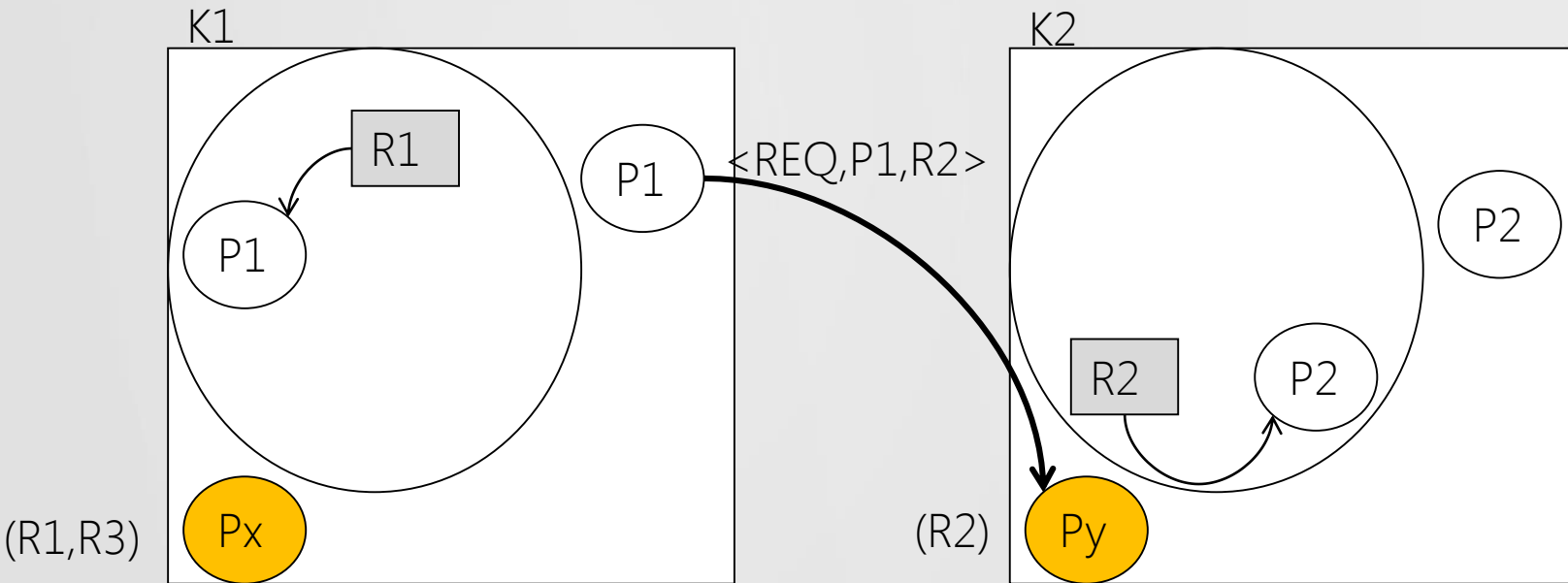
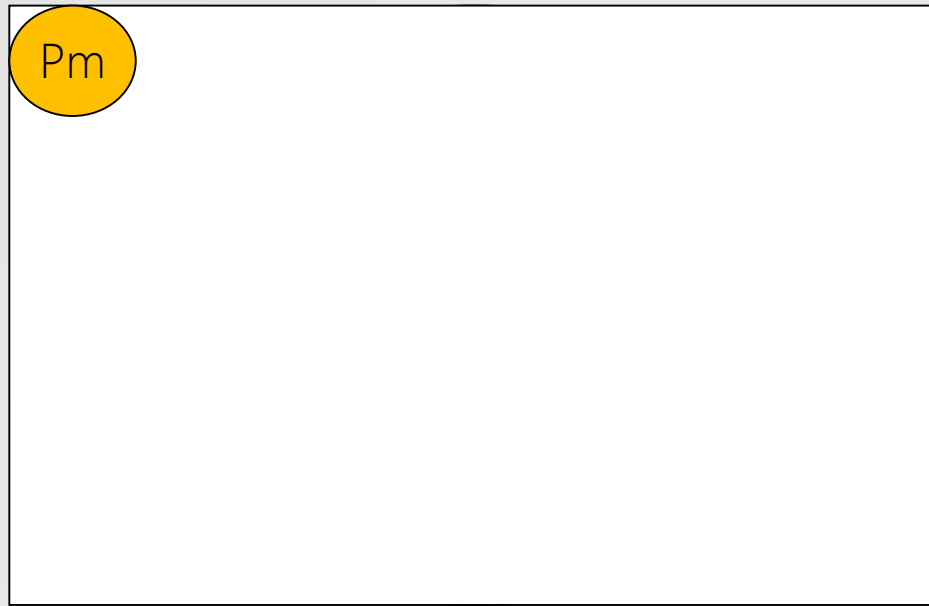


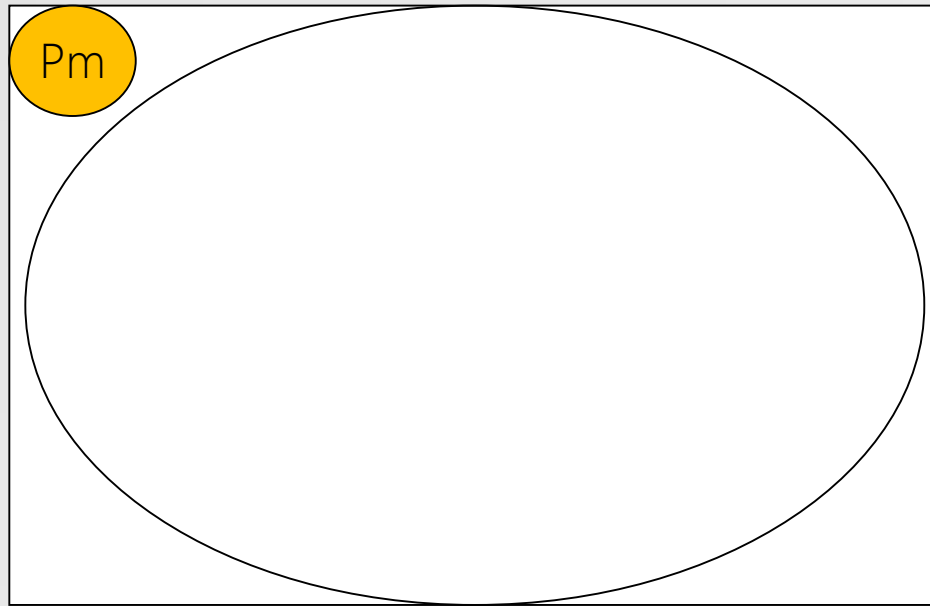
K1



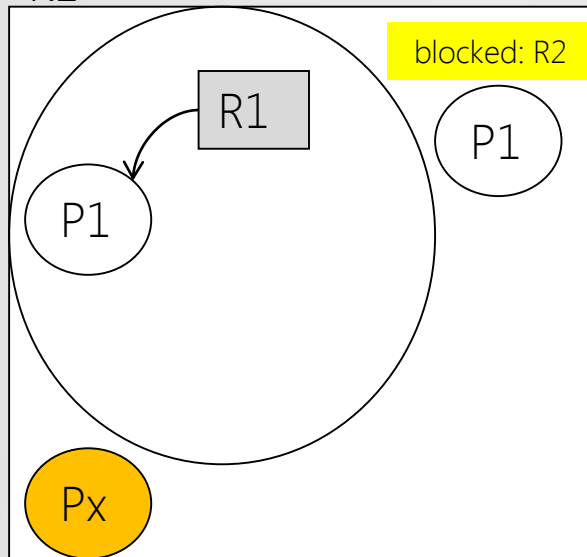
K2



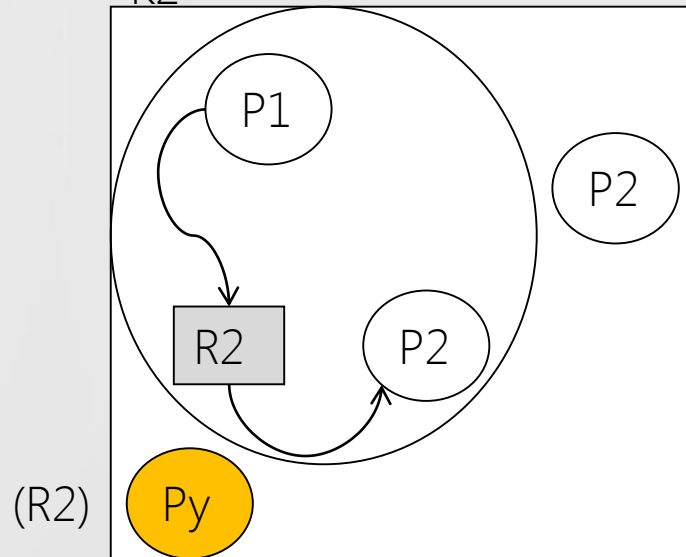


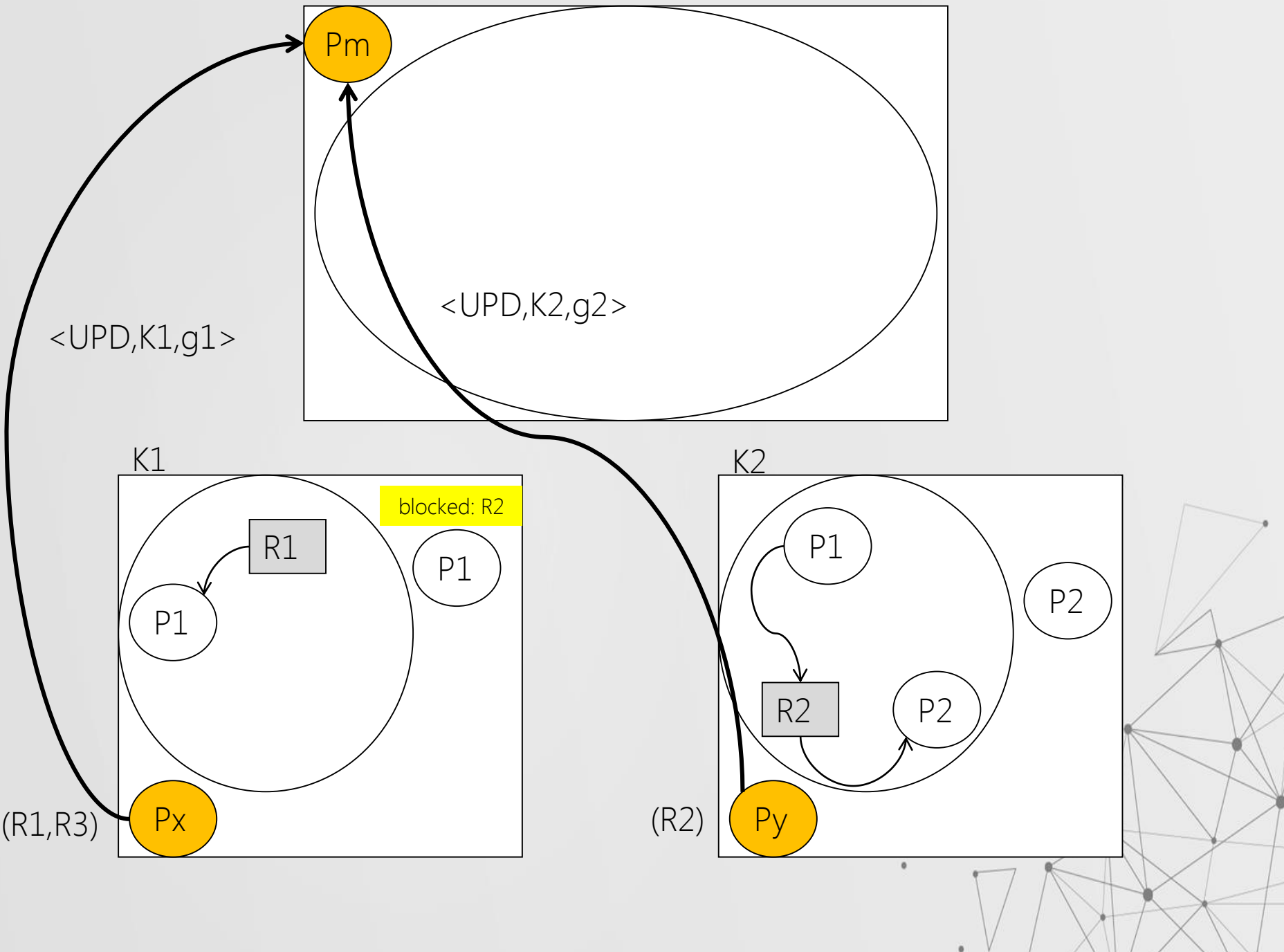


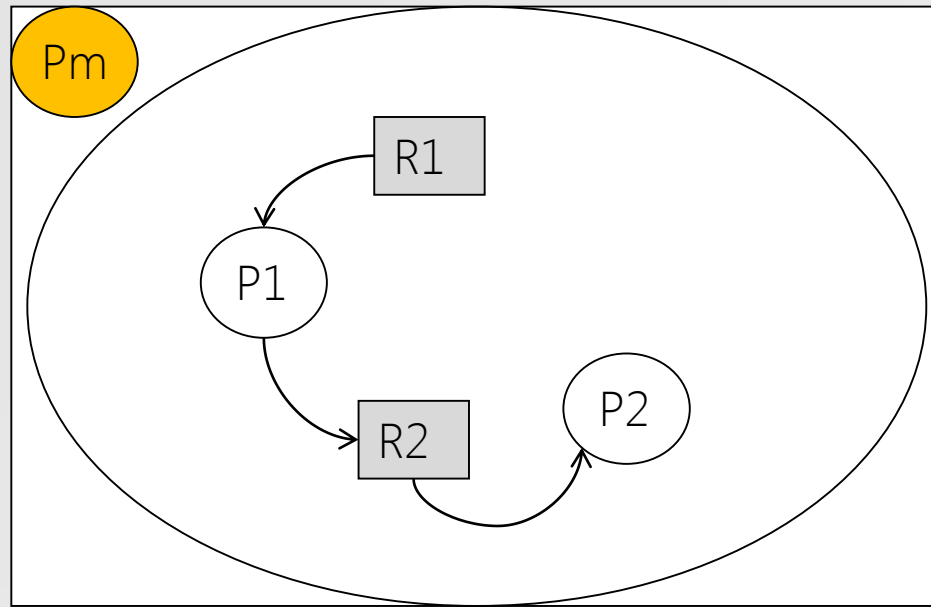
K1



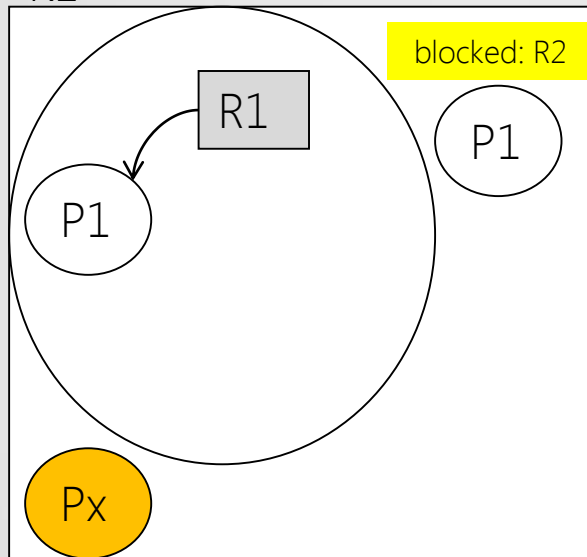
K2



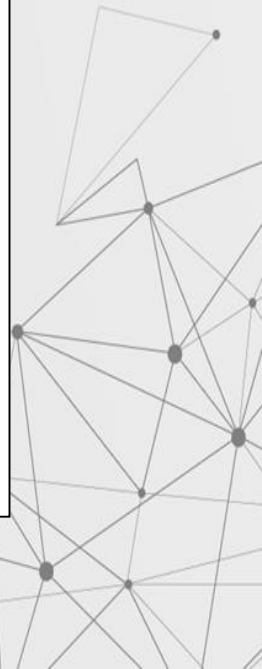
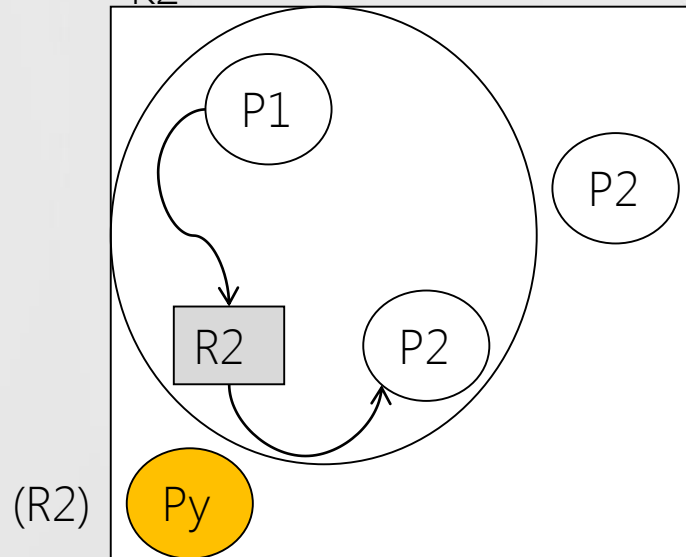


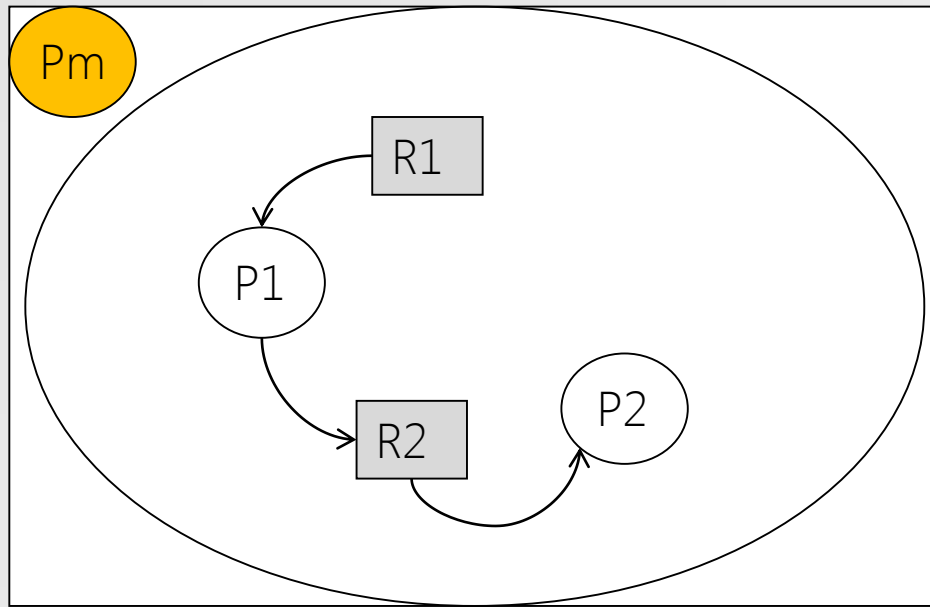


K1

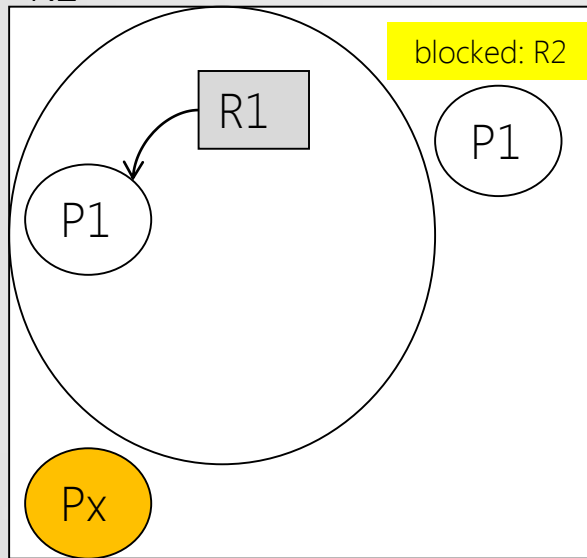


K2

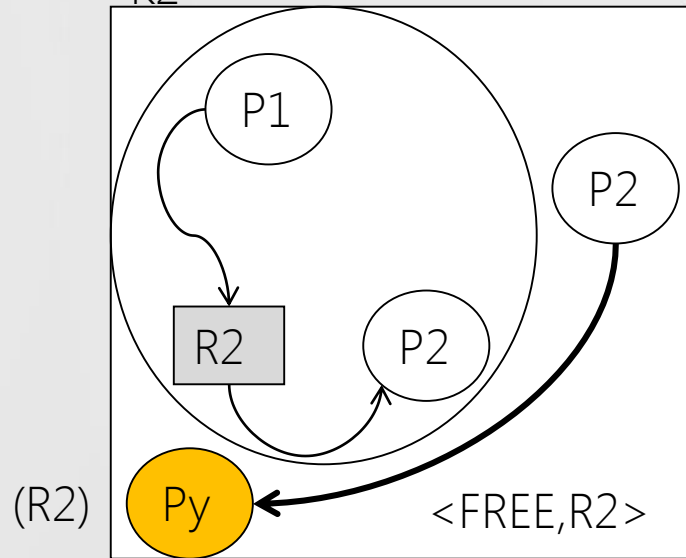


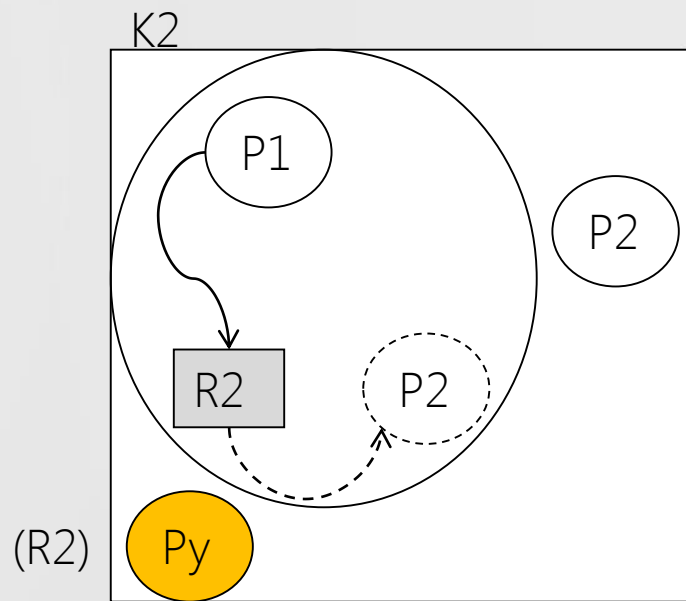
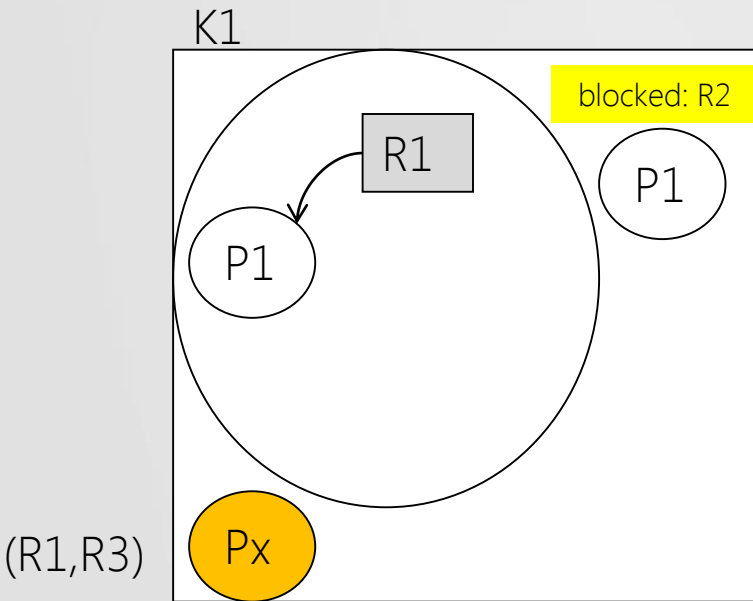
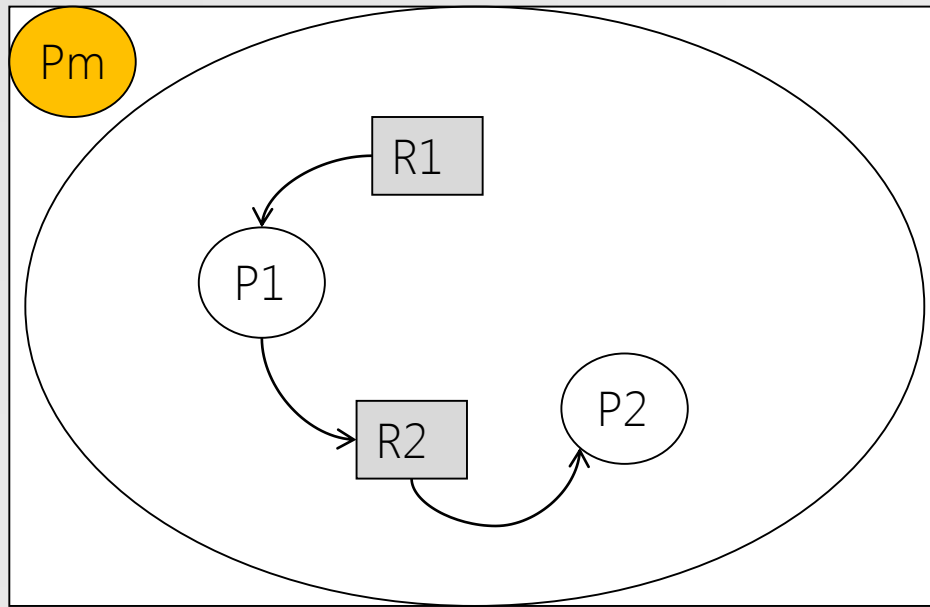


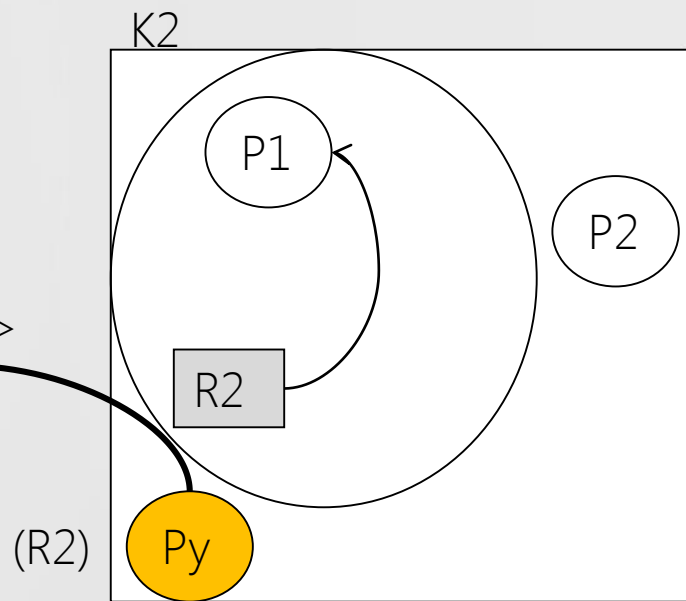
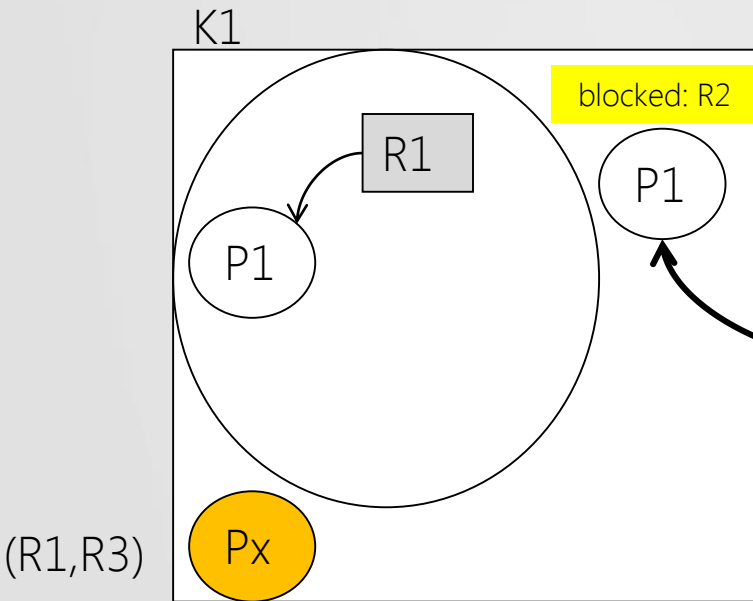
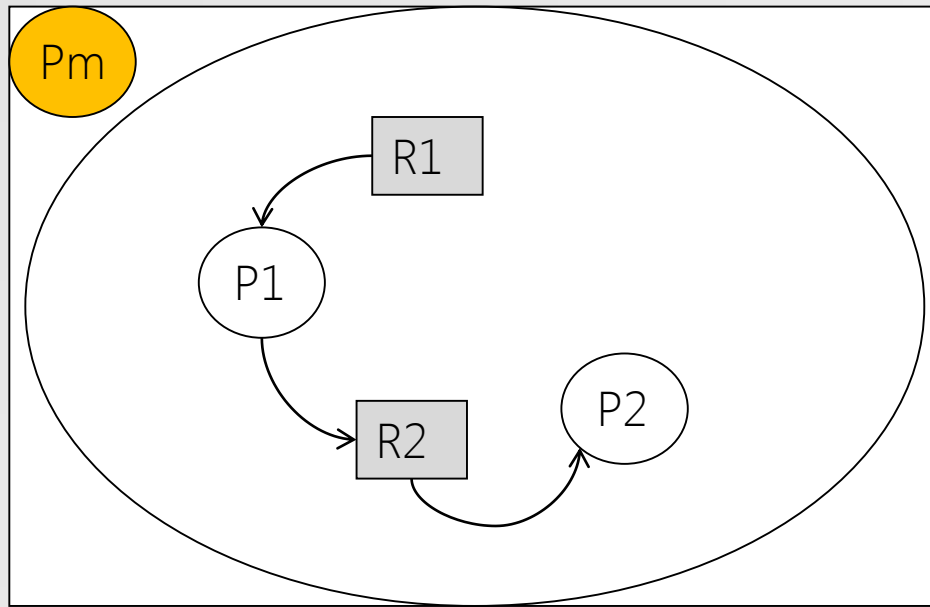
K1



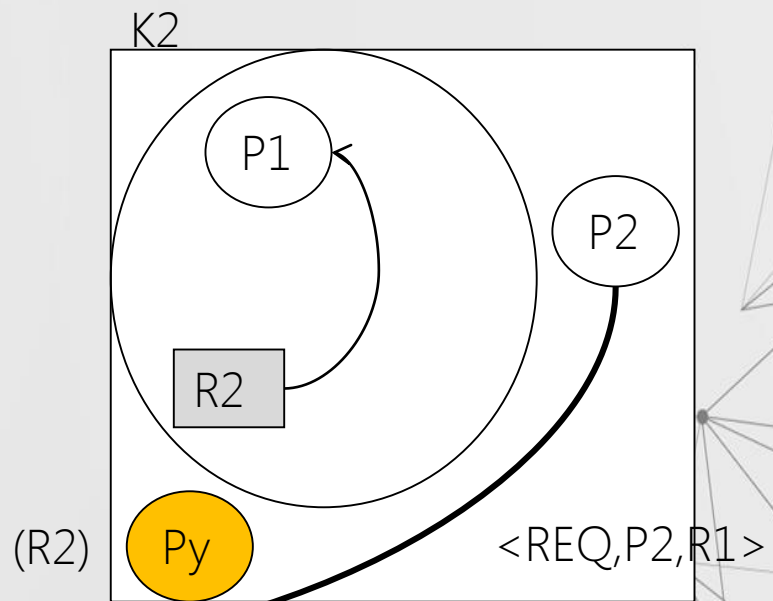
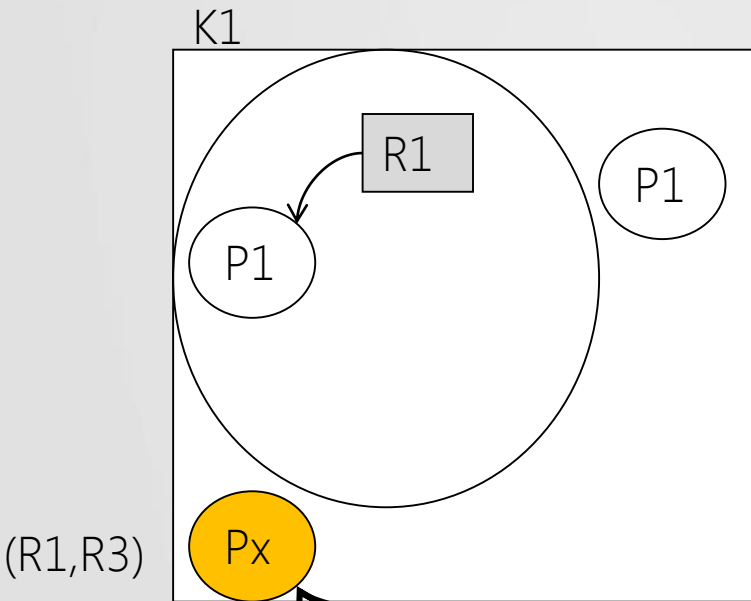
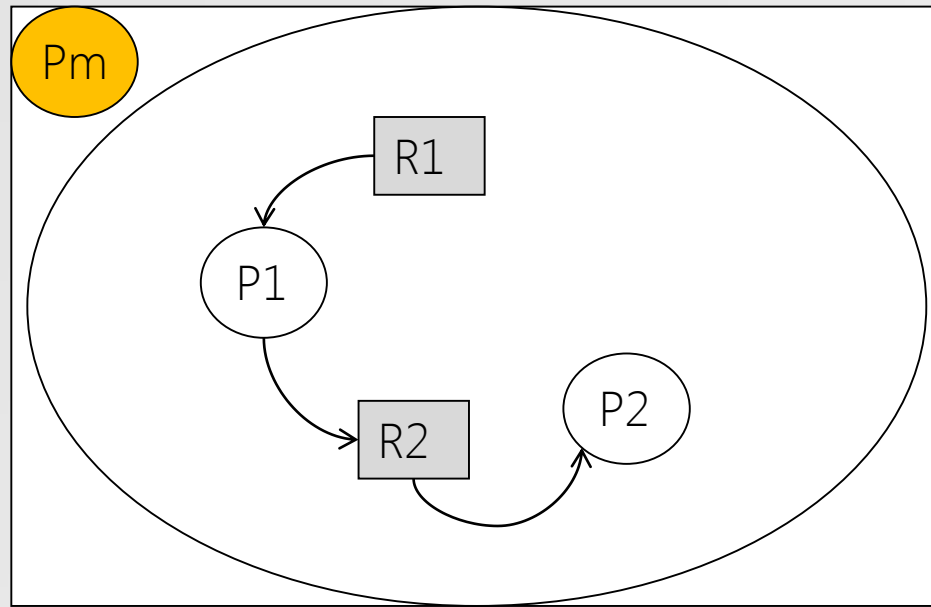
K2

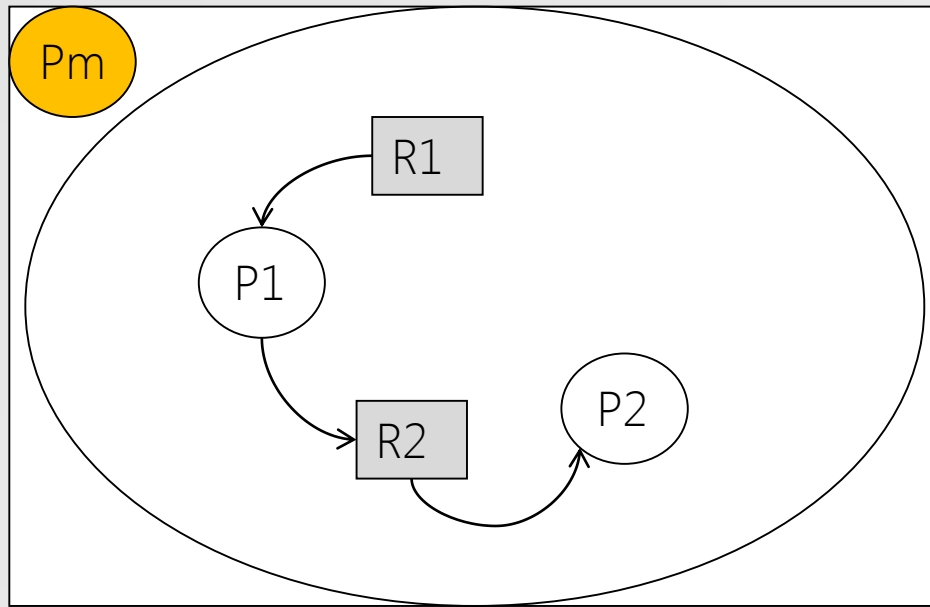




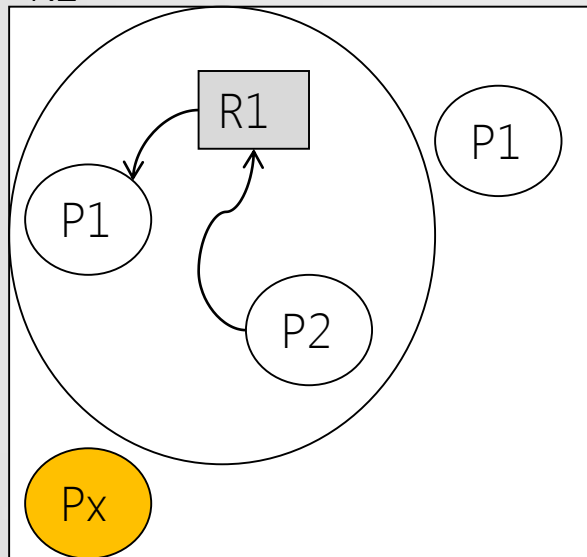


<OK>

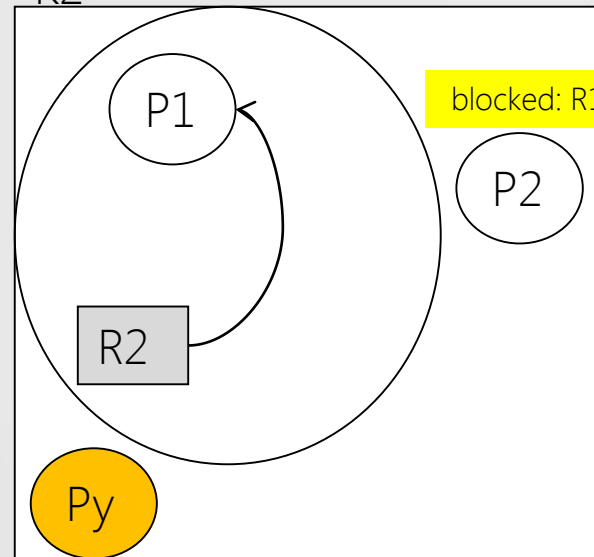


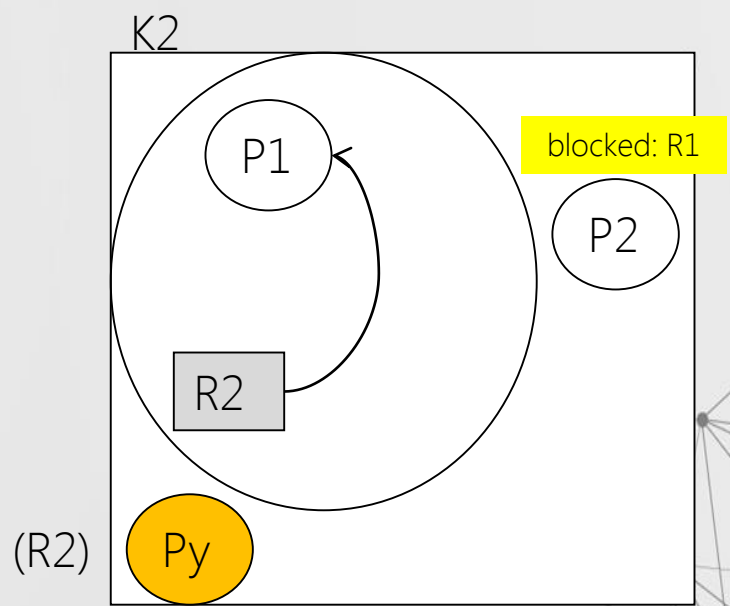
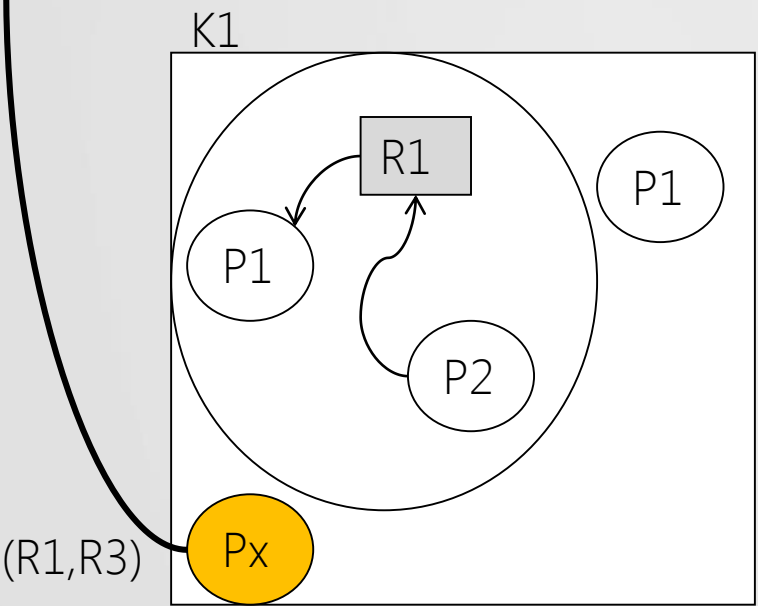
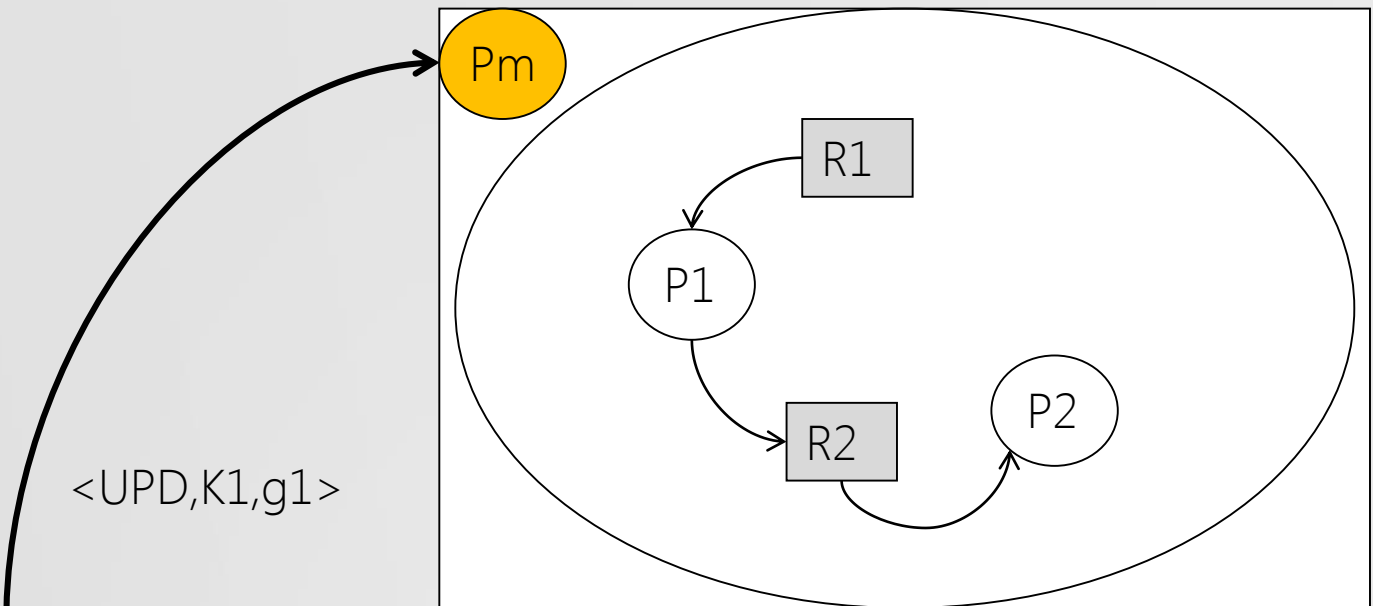


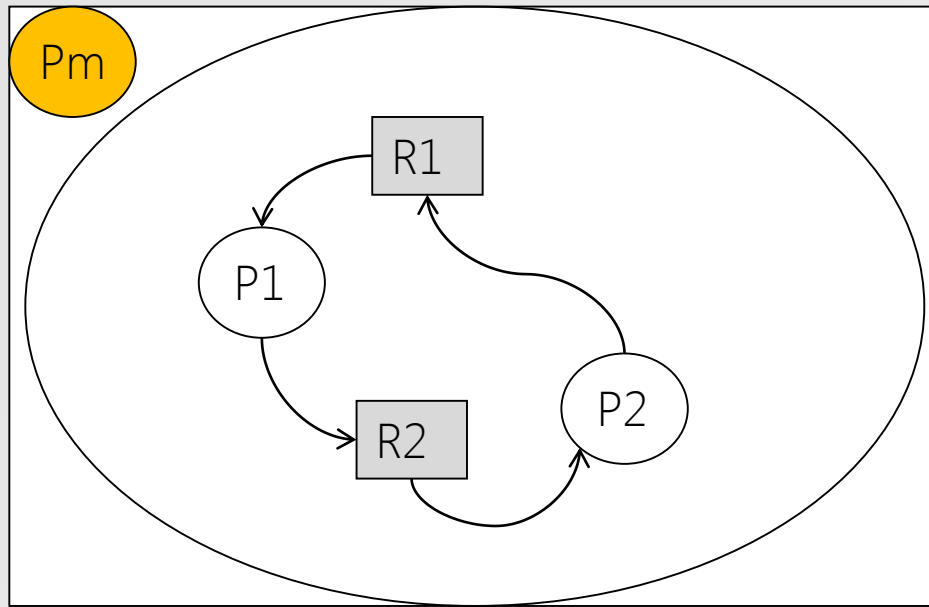
K1



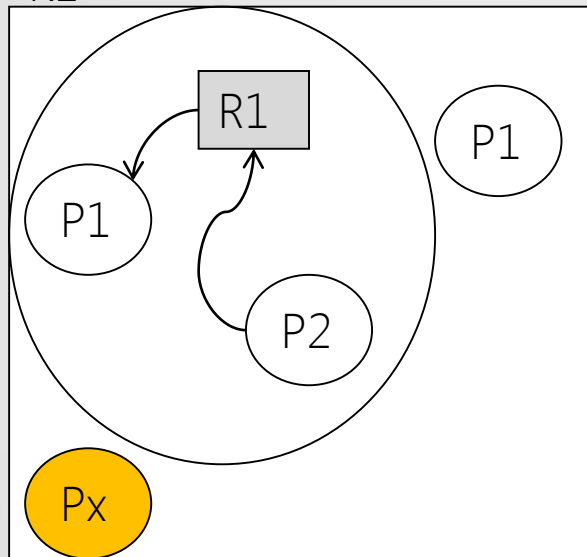
K2



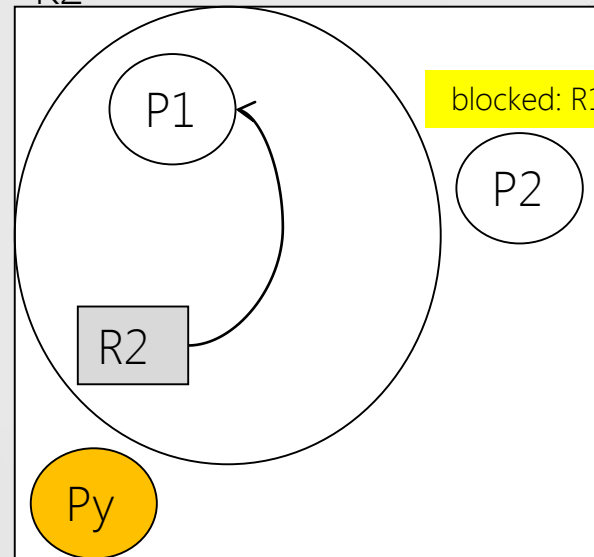


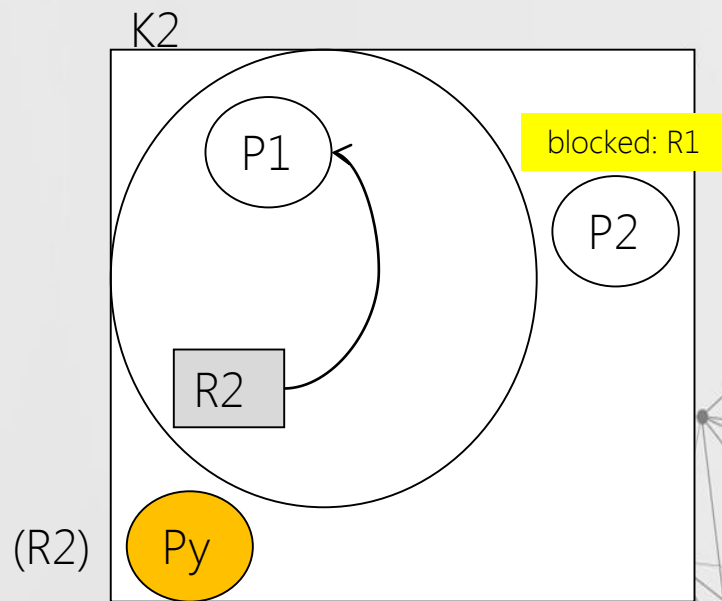
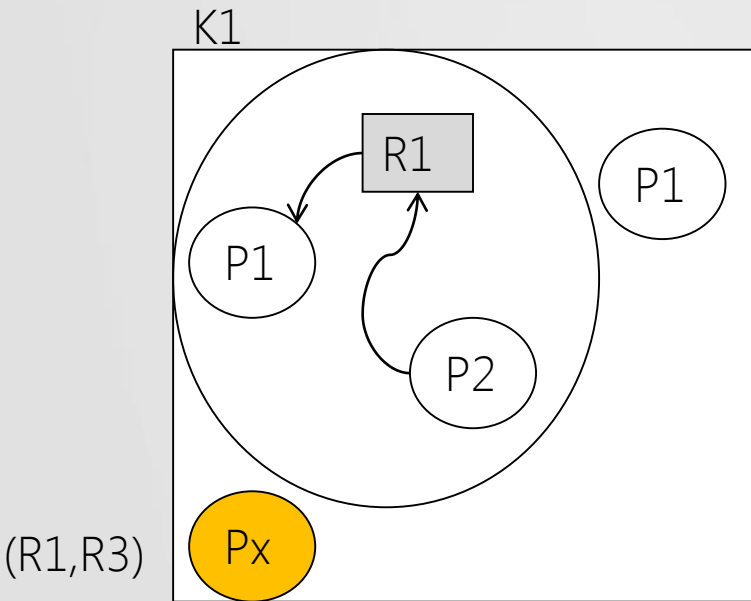
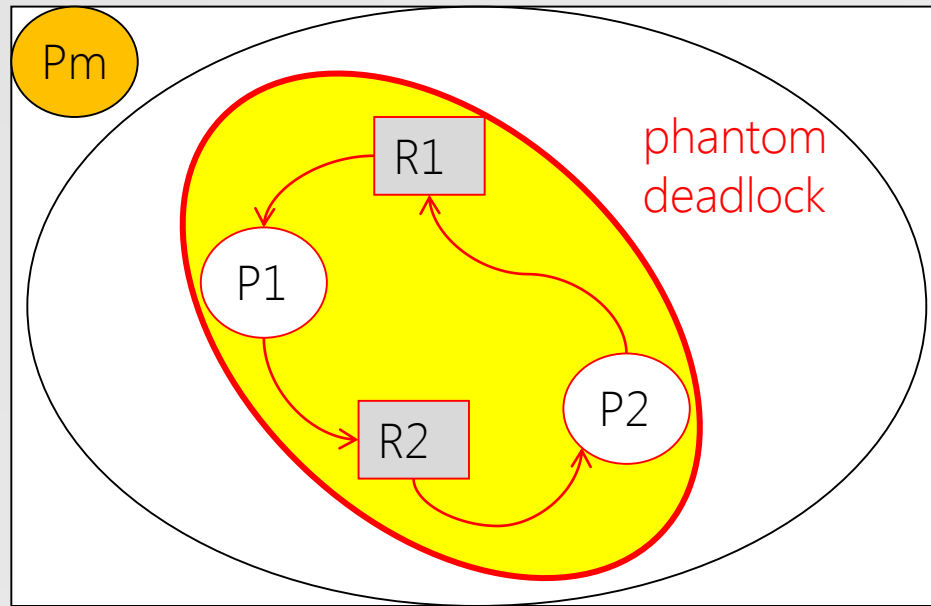


K1



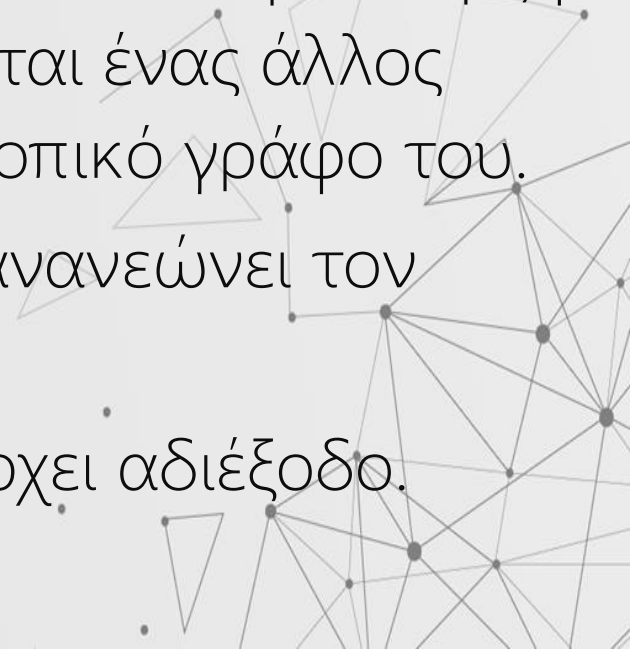
K2





Πρώθηση μονοπατιού (path pushing)

- Κατανεμημένη διαχείριση πόρων, όπως προηγουμένως.
- Κάθε διαχειριστής διατηρεί τοπικό γράφο αναμονής.
- Δεν χρησιμοποιείται ξεχωριστή διεργασία για την συγκέντρωση της πληροφορίας των τοπικών γράφων.
- Ο εντοπισμός αδιεξόδου γίνεται κατανεμημένα.
- Αν ένας τοπικός διαχειριστής P_x υποψιαστεί την ύπαρξη ενός αδιεξόδου στο οποίο να εμπλέκεται ένας άλλος διαχειριστής P_y , στέλνει στον P_y τον τοπικό γράφο του.
- Ο P_y συνδυάζει την πληροφορία και ανανεώνει τον τοπικό του γράφο.
- Αν σχηματιστεί κύκλος, πιθανώς υπάρχει αδιέξοδο.

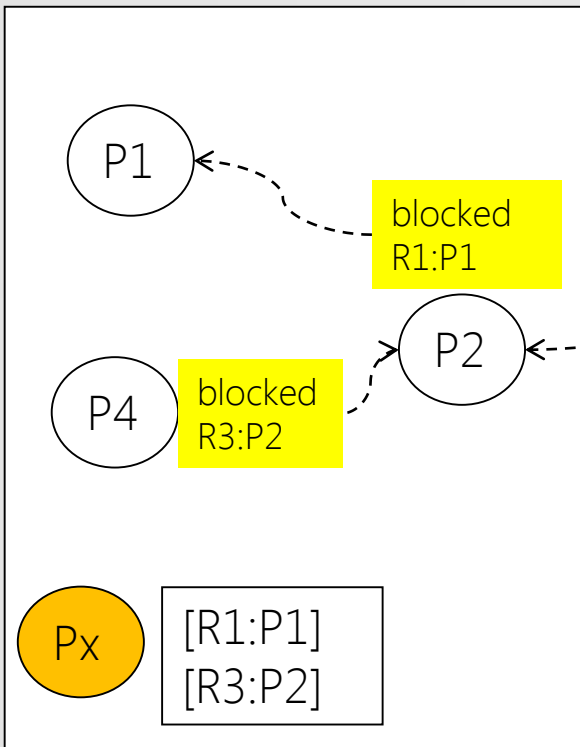


Κυνήγι ακμής (edge chasing)

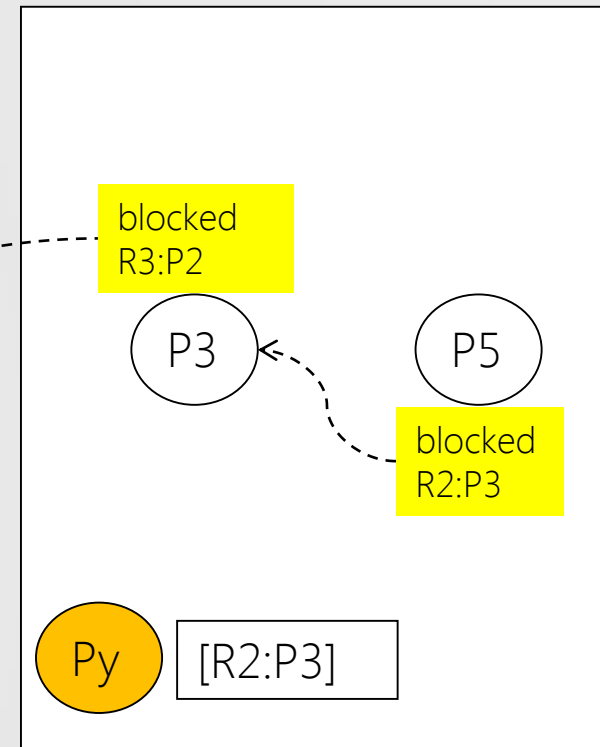
- Οι διαχειριστές παρέχουν πληροφορία για το ποιος χρησιμοποιεί τον πόρο, αν δεν είναι ελεύθερος.
- Το αδιέξοδο εντοπίζεται κατανεμημένα από τις ίδιες τις διεργασίες που αναμένουν για κάποιο πόρο.
- Μια διεργασία που περιμένει για έναν πόρο, στέλνει περιοδικά μήνυμα διερεύνησης στη διεργασία που χρησιμοποιεί τον πόρο, με τα στοιχεία της.
- Αν μια διεργασία λάβει μήνυμα διερεύνησης, και όντως χρησιμοποιεί τον πόρο και περιμένει για έναν πόρο, προωθεί το μήνυμα επισυνάπτοντας τα στοιχεία της.
 - διαφορετικά αγνοεί το μήνυμα διερεύνησης
- Αν μια διεργασία λάβει μήνυμα διερεύνησης που ήδη περιέχει το δικό της αναγνωριστικό, υπάρχει αδιέξοδο.

Κυνήγι ακμής (1)

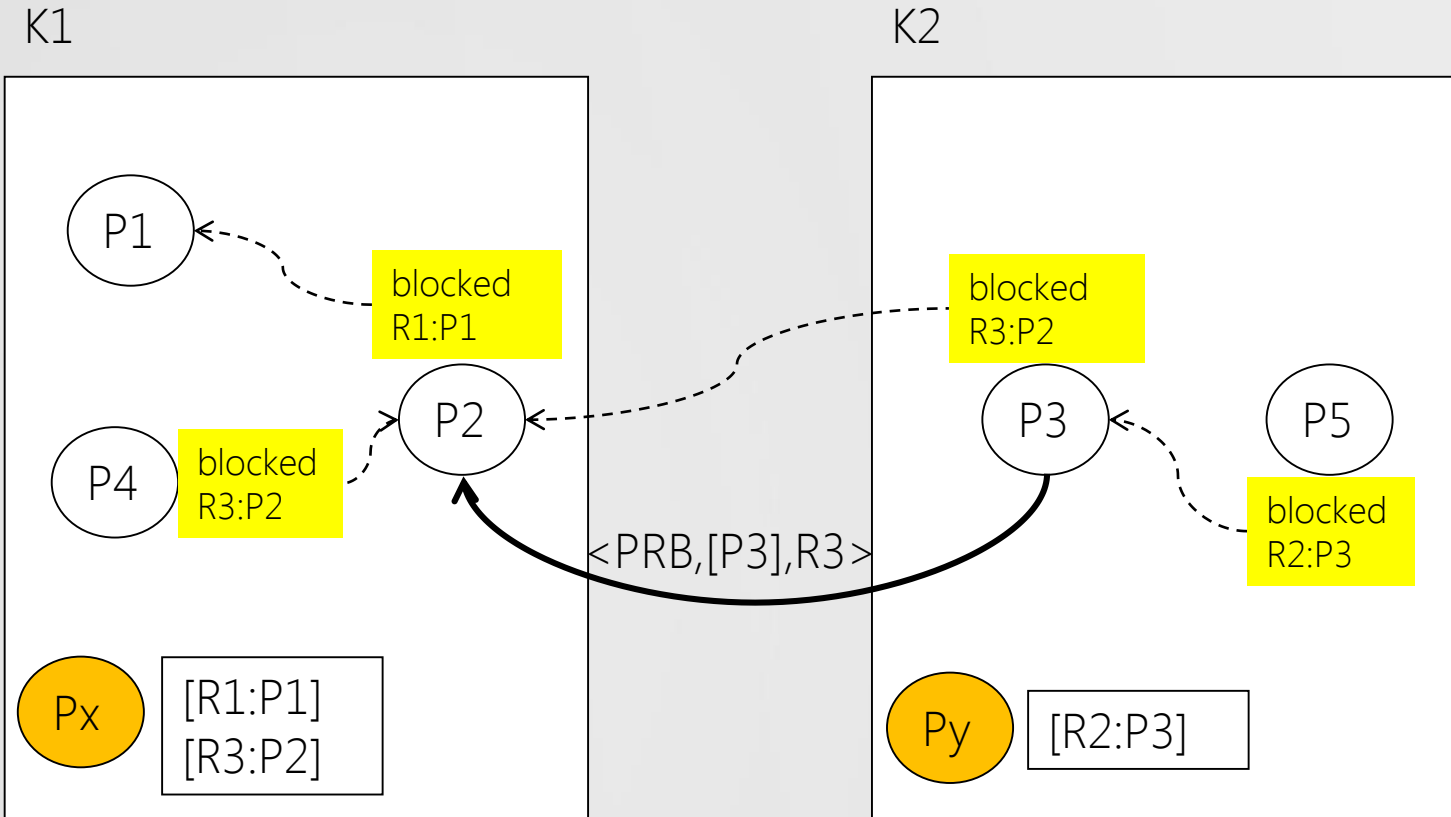
K1



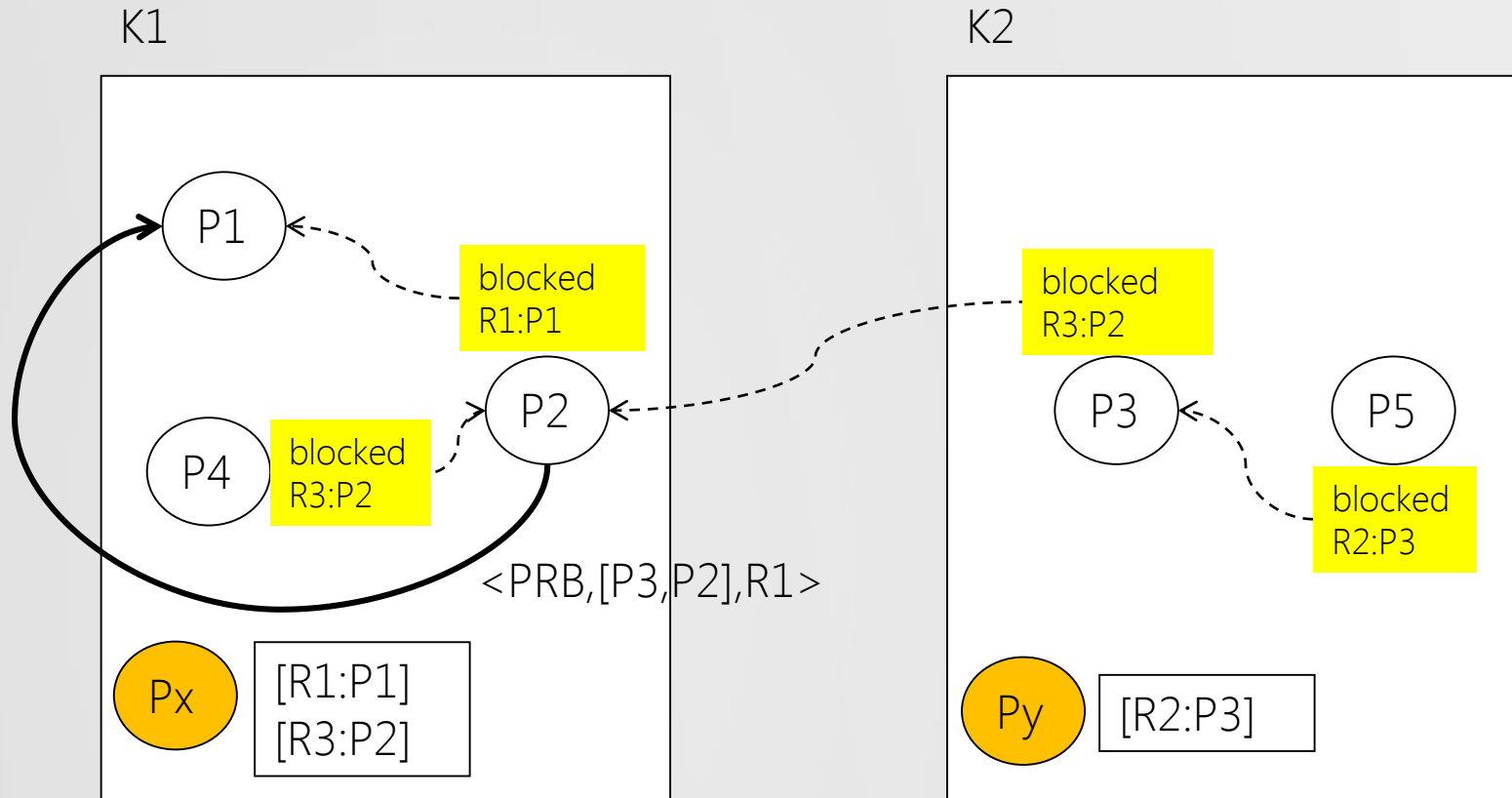
K2



Κυνήγι ακμής (2)

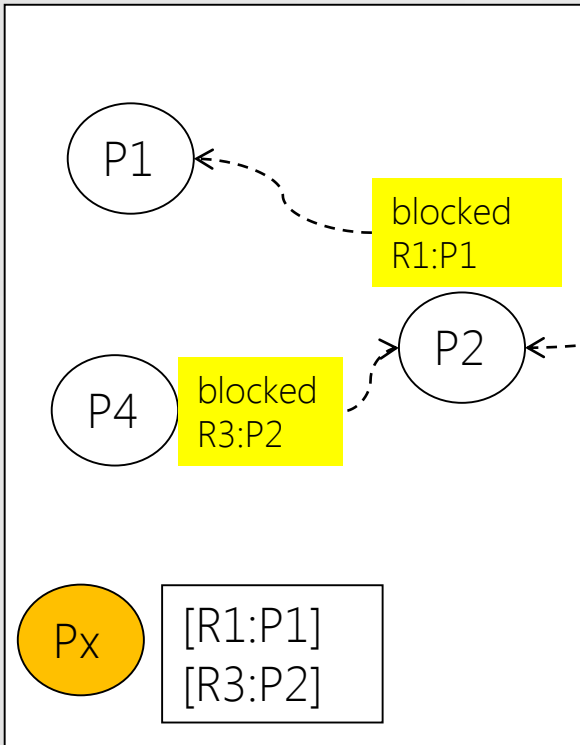


Κυνήγι ακμής (3)

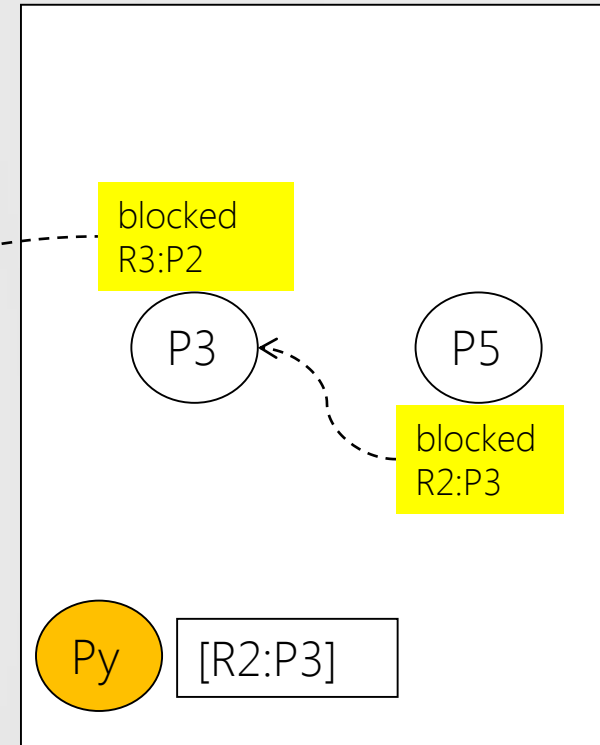


Κυνήγι ακμής (4)

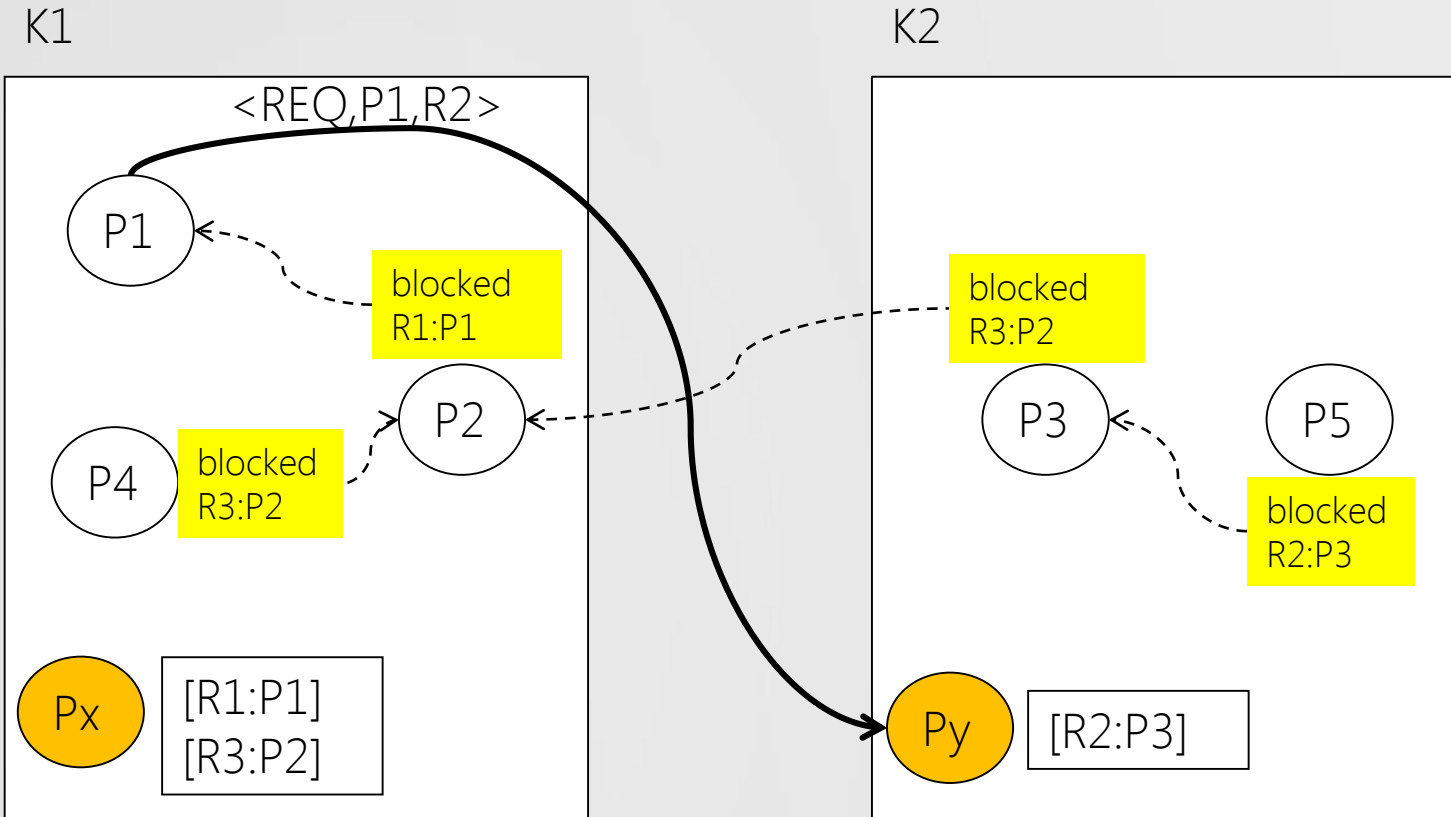
K1



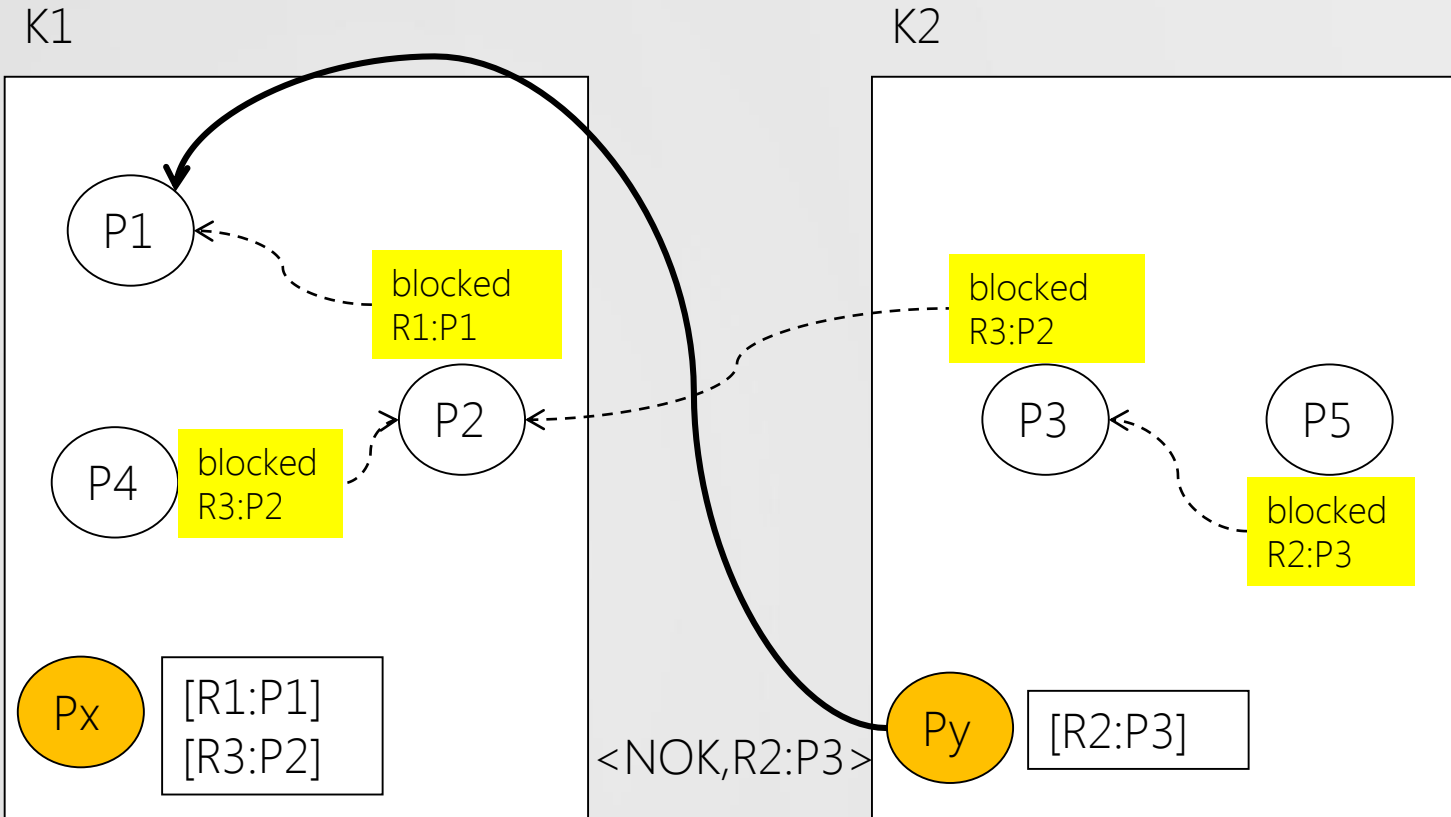
K2



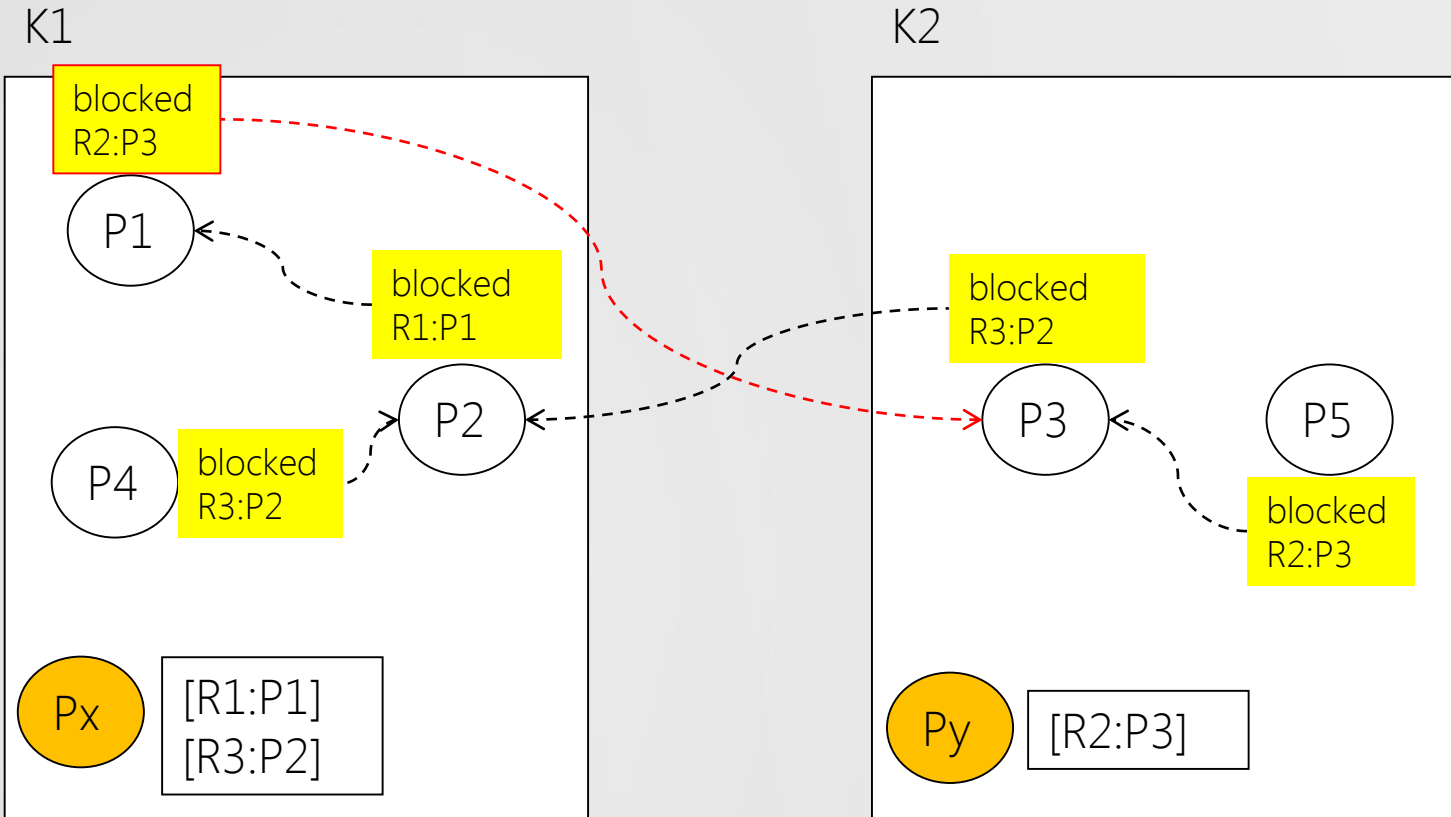
Κυνήγι ακμής (5)



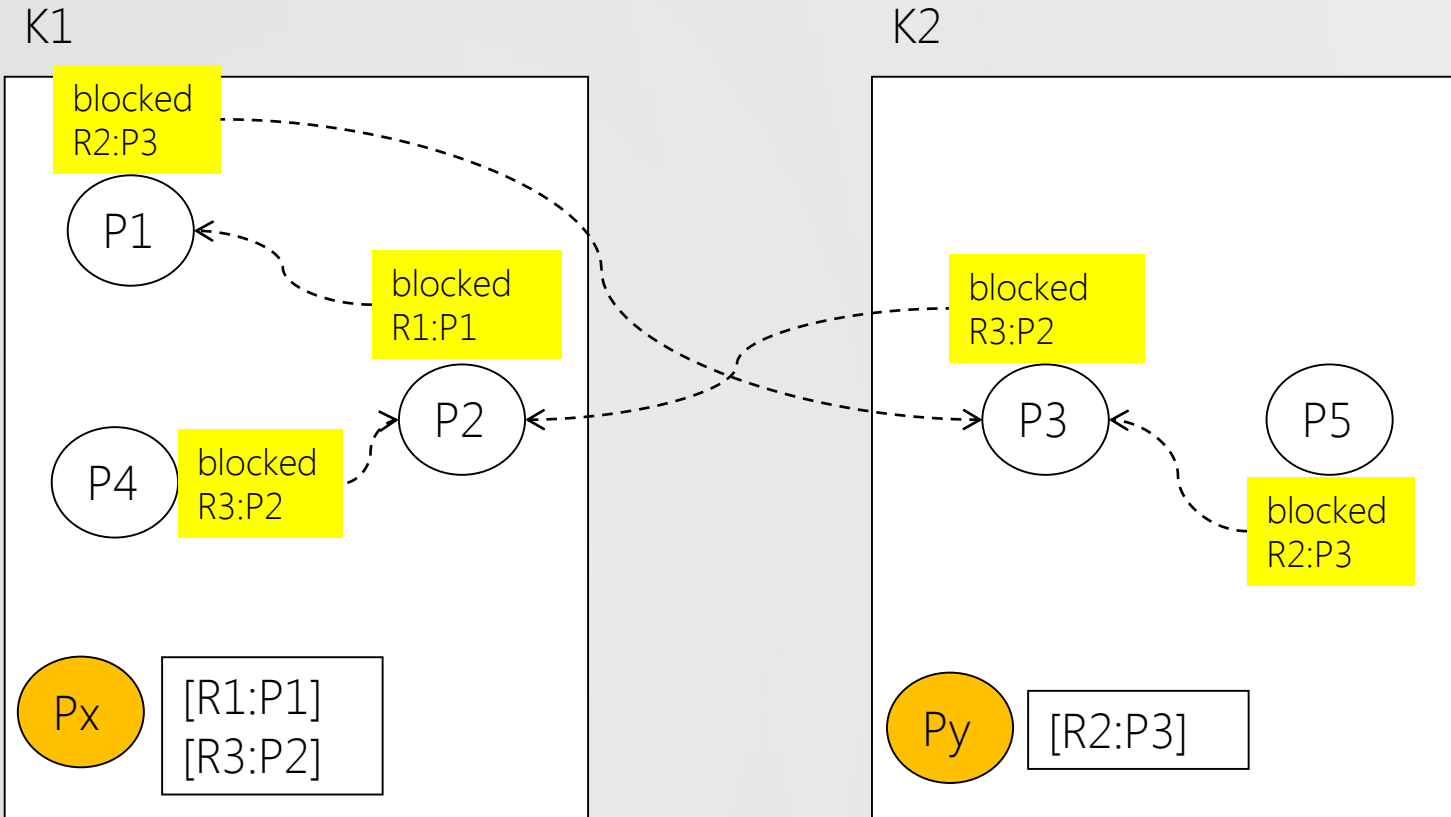
Κυνήγι ακμής (6)



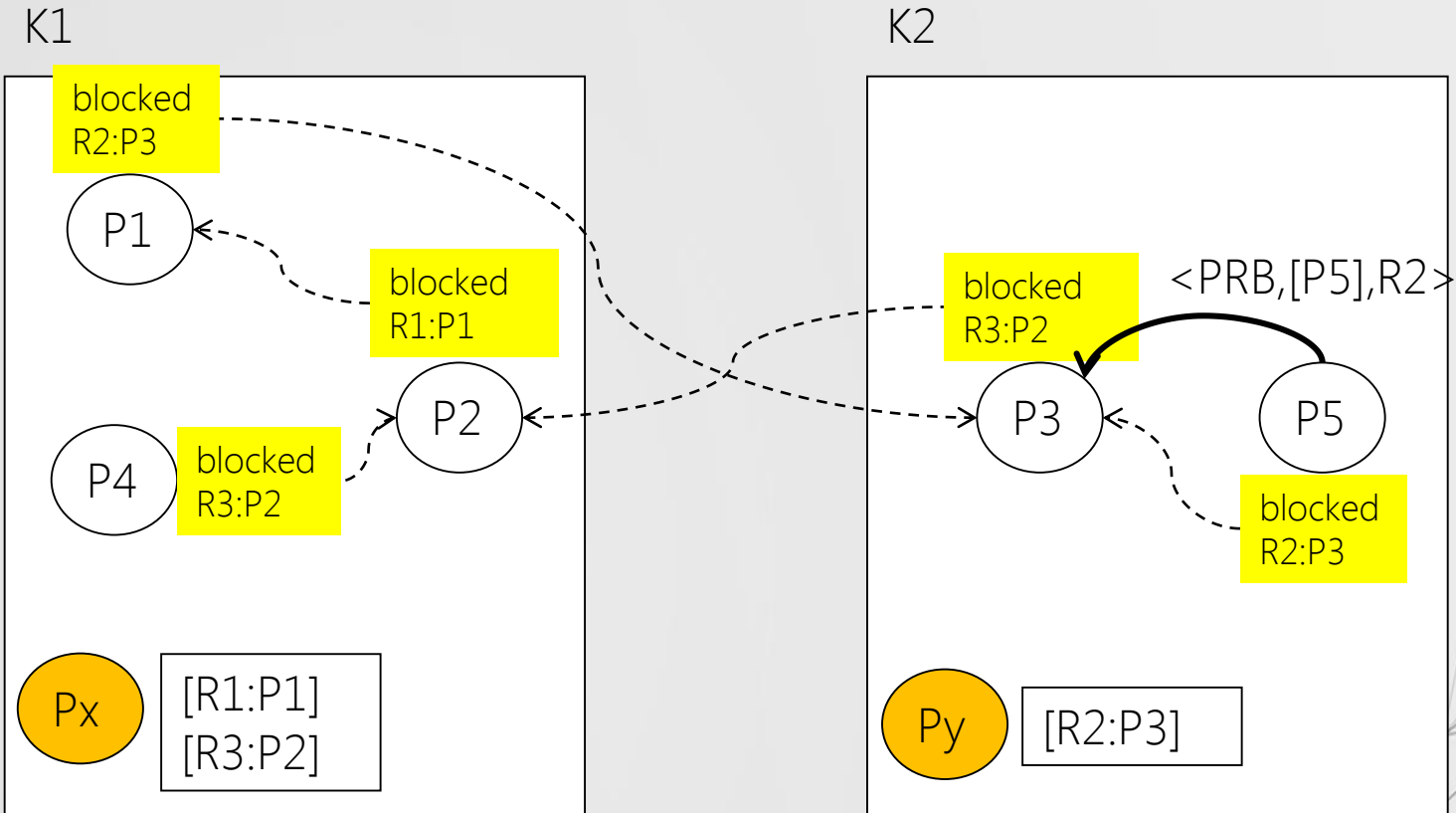
Κυνήγι ακμής (7)



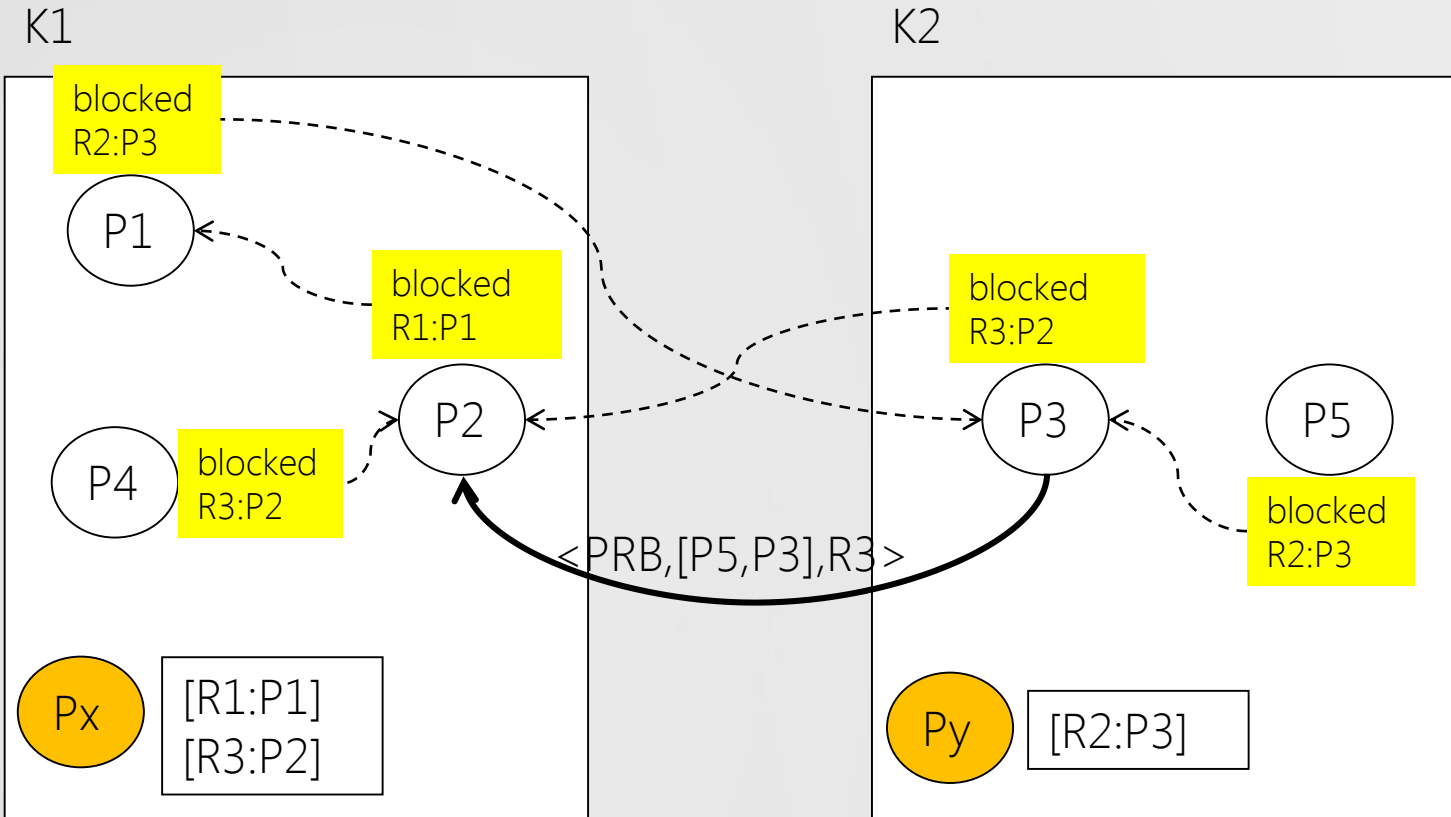
Κυνήγι ακμής (8)



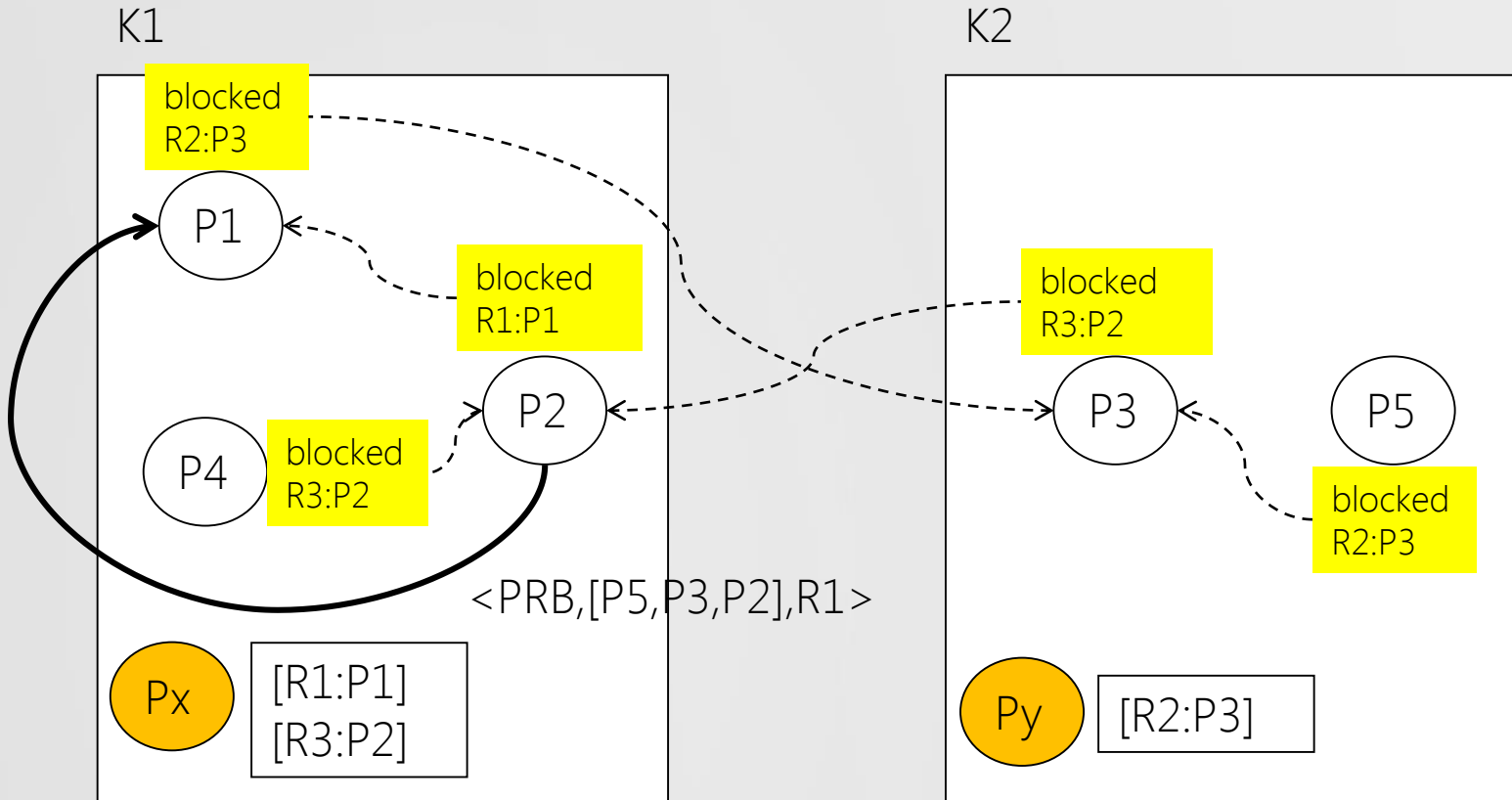
Κυνήγι ακμής (9)



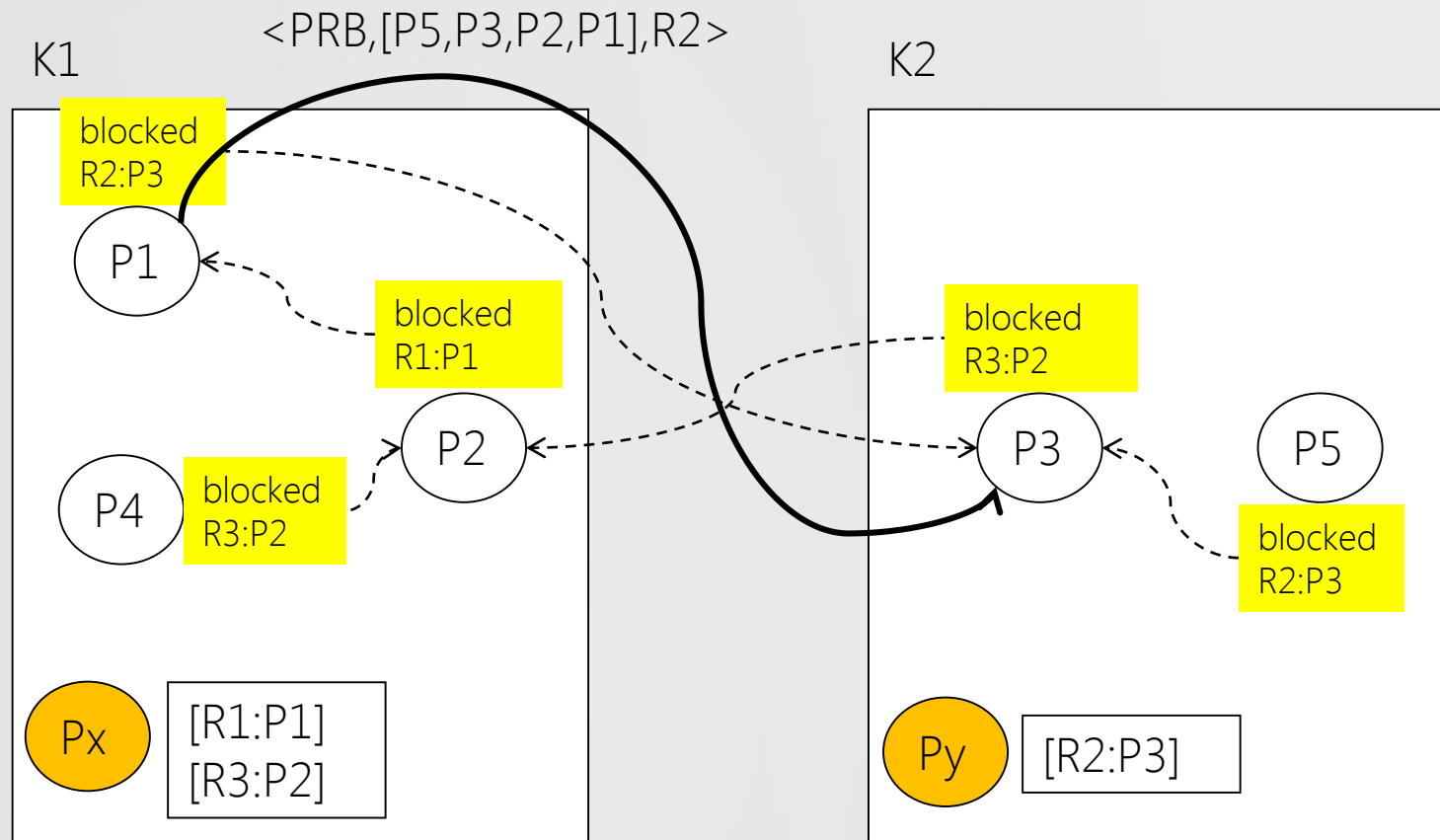
Κυνήγι ακμής (10)



Κυνήγι ακμής (11)

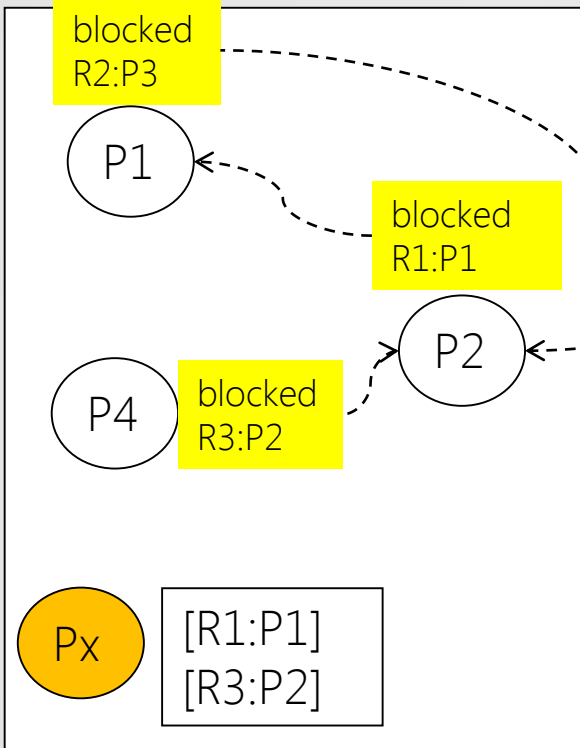


Κυνήγι ακμής (12)

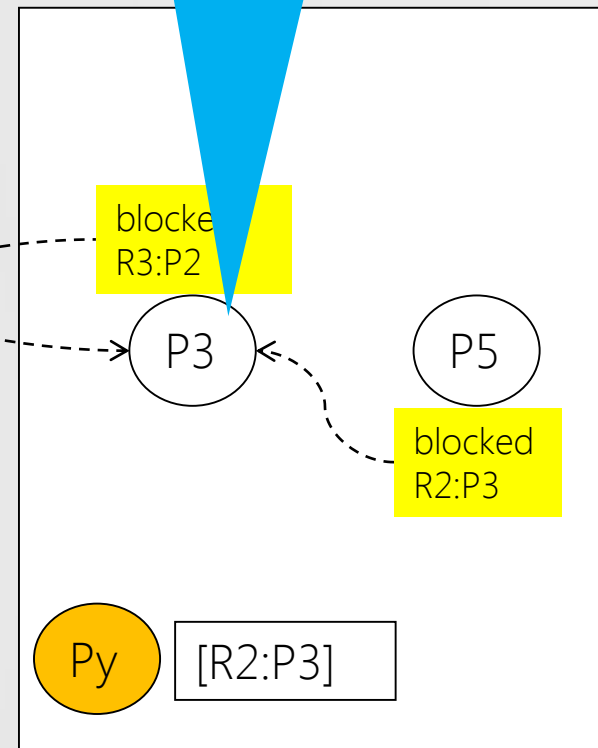


Κυνήγι ακμής (13)

K1



K2



<PRB,[P5,P3,P2,P1],R2>

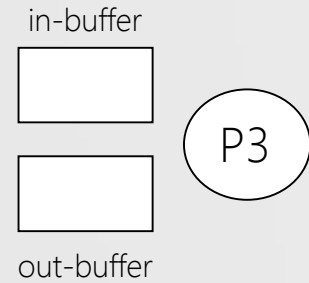
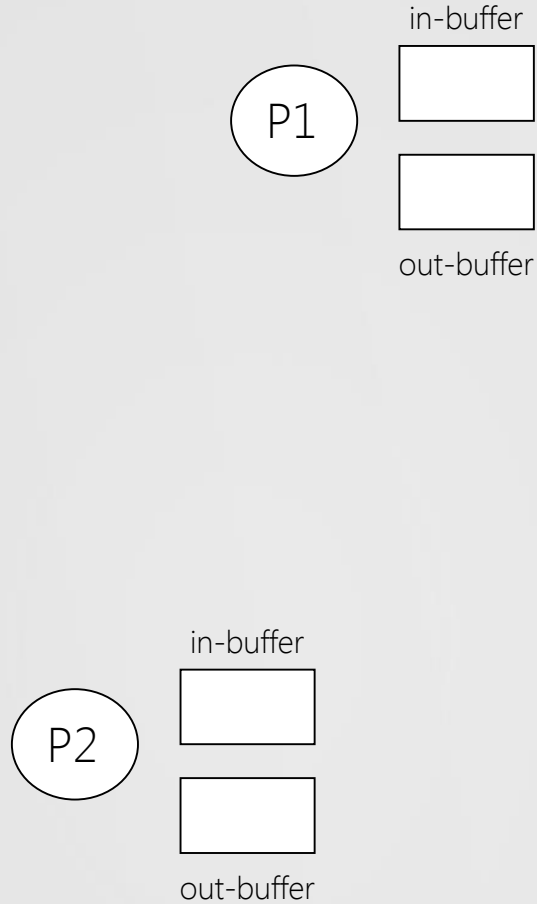
P3->P2->P1->P3

Αδιέξοδη επικοινωνία

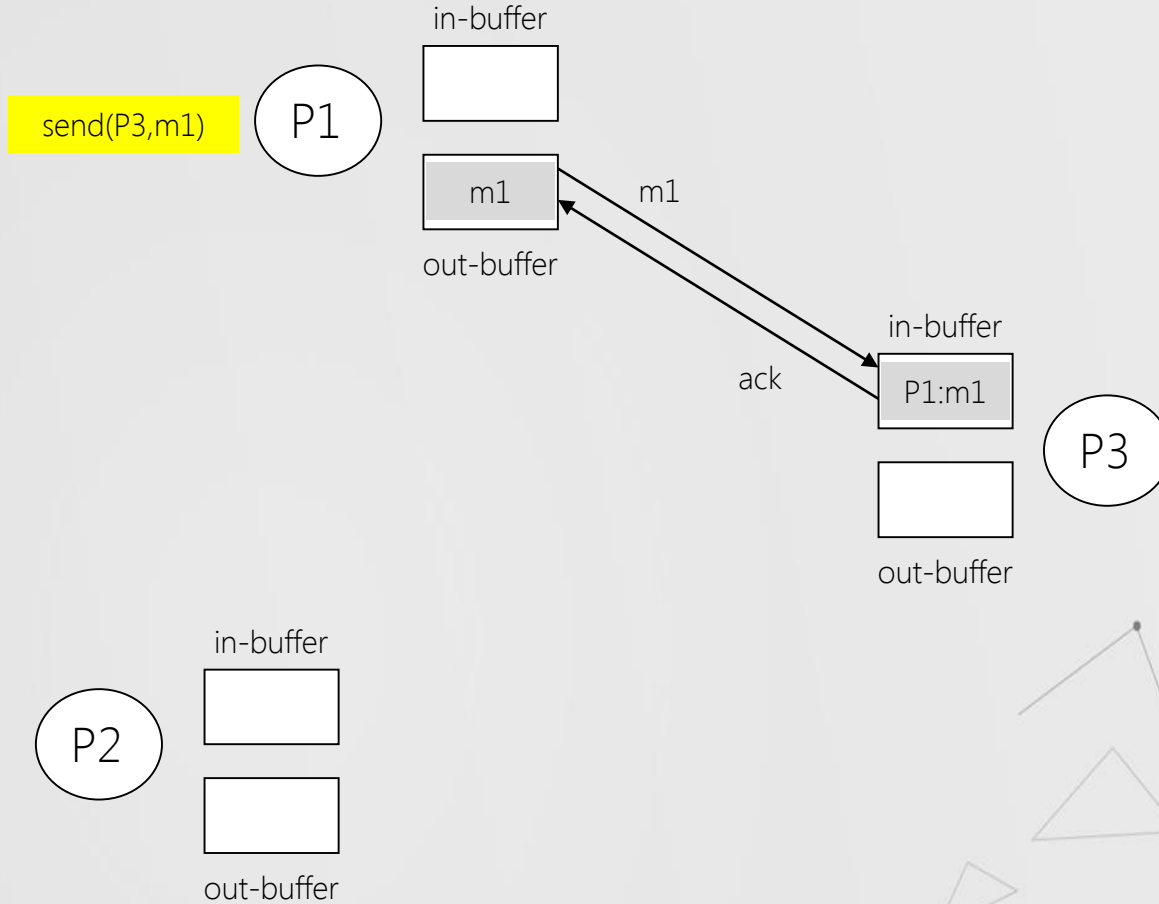
- Τα μηνύματα που καταφθάνουν σε μια διεργασία αποθηκεύονται (σε ενδιάμεση αποθήκη) μέχρι να παραδοθούν κανονικά στο επίπεδο της εφαρμογής (να μπορέσει να τα επεξεργαστεί η εφαρμογή).
- Η ενδιάμεση αποθήκη μεταφοράς μπορεί να γεμίσει.
- Αν καταφθάσει ένα ακόμα μήνυμα, αυτό αναγκαστικά θα αγνοηθεί – ο αποστολέας θα επιχειρεί συνεχώς, αλλά ανεπιτυχώς, να ξαναστείλει το μήνυμα.
- Μπορεί να προκύψει συνδυασμός μπλοκαρισμένων διεργασιών που να αντιστοιχεί σε αδιέξοδο.



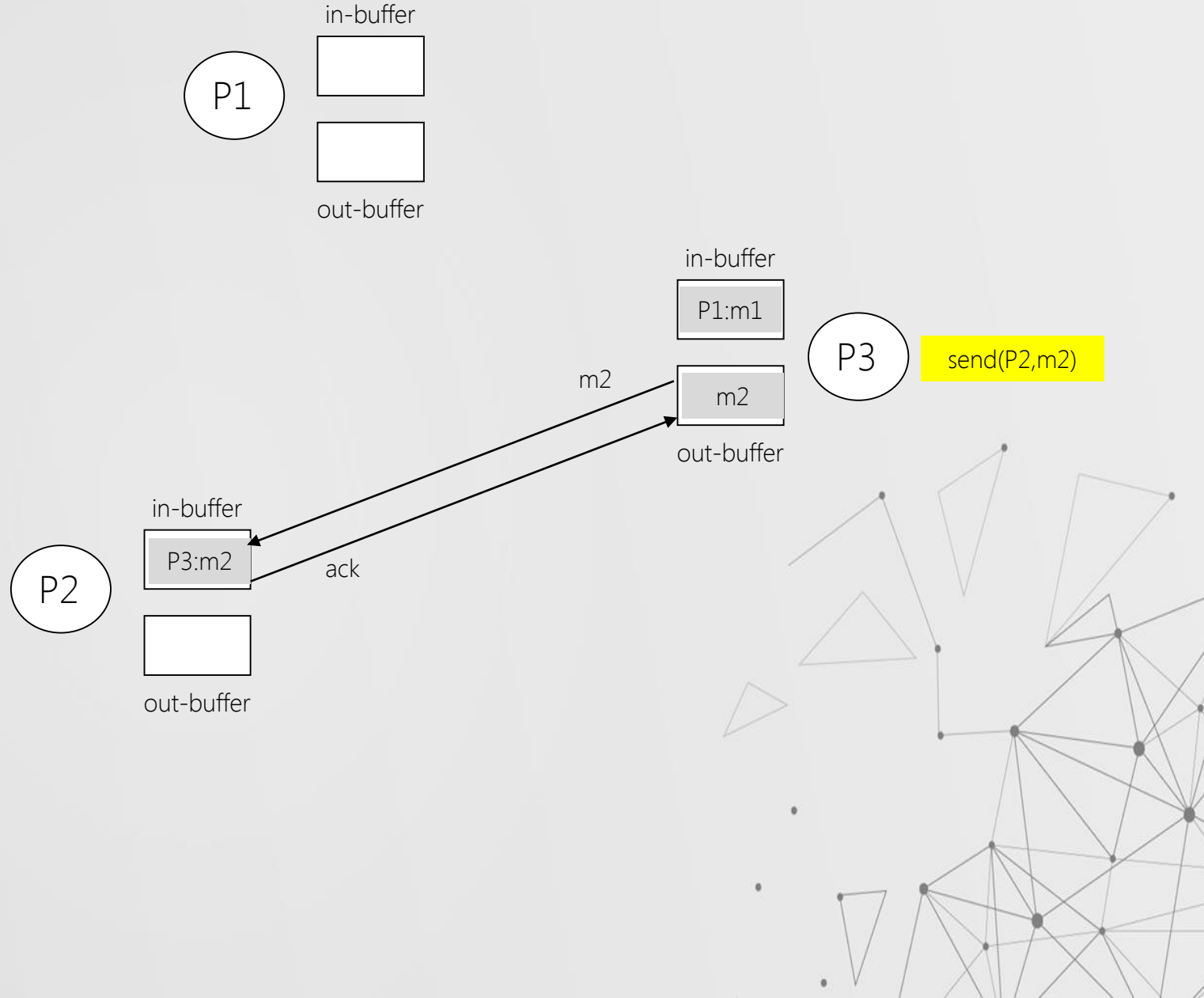
Αδιέξοδη επικοινωνία (1)



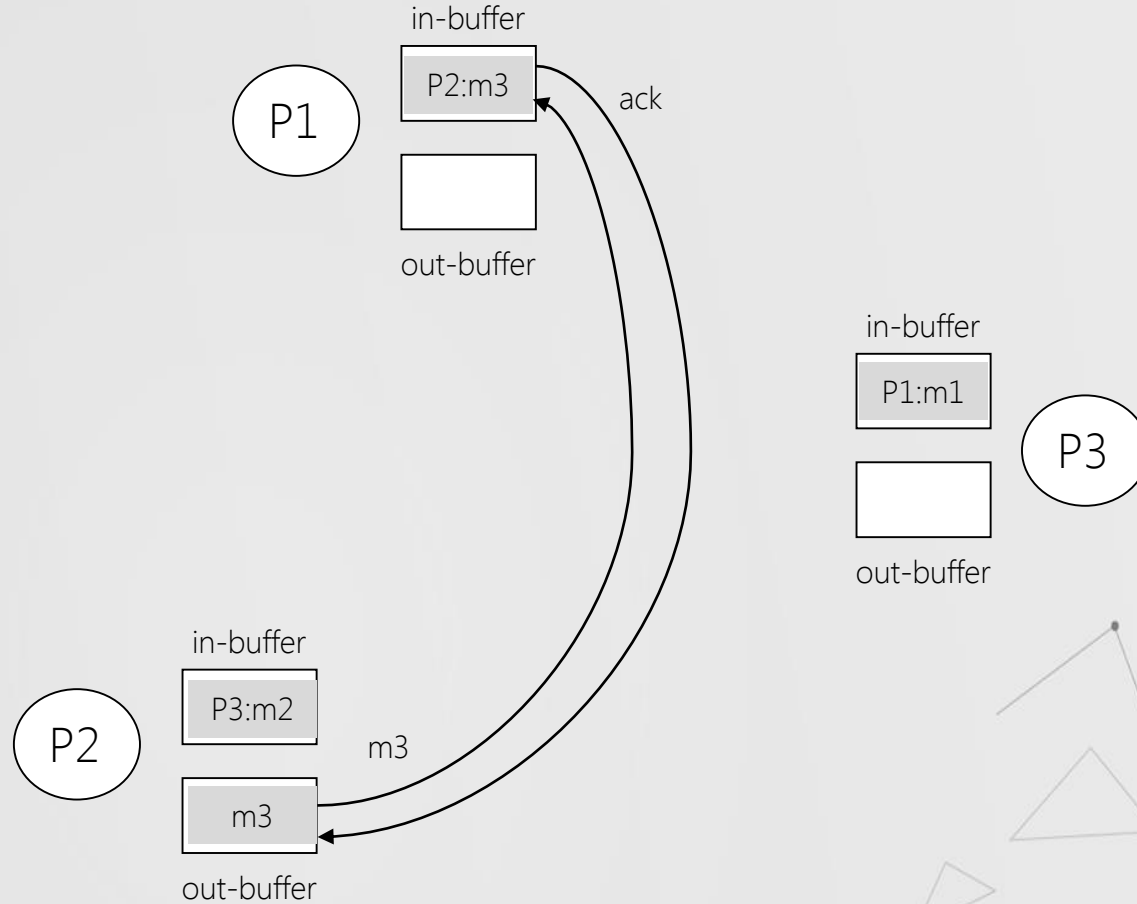
Αδιέξοδη επικοινωνία (2)



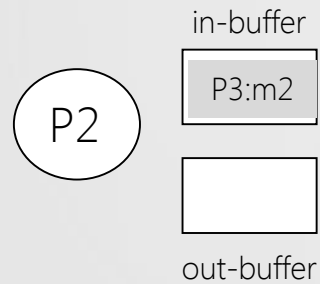
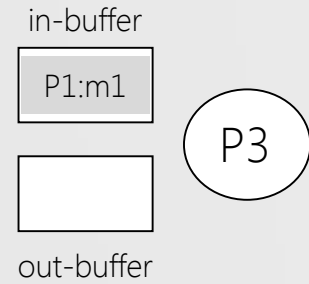
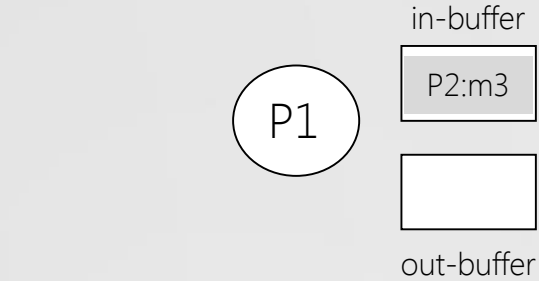
Αδιέξοδη επικοινωνία (3)



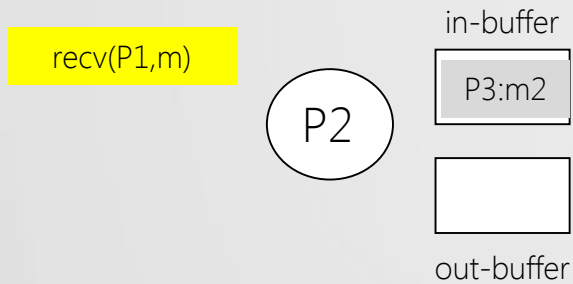
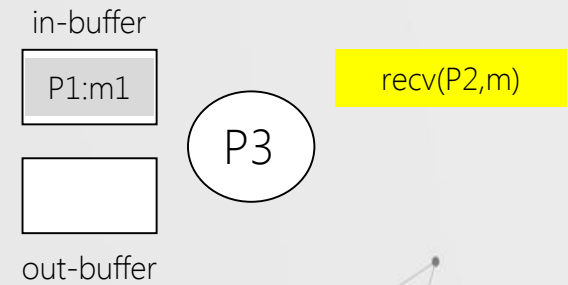
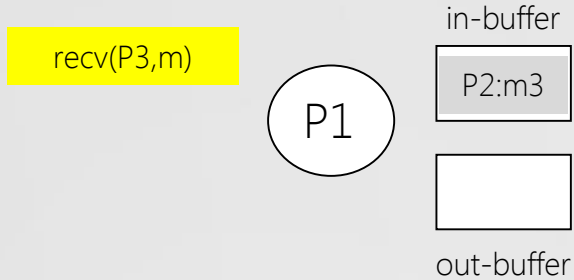
Αδιέξοδη επικοινωνία (4)



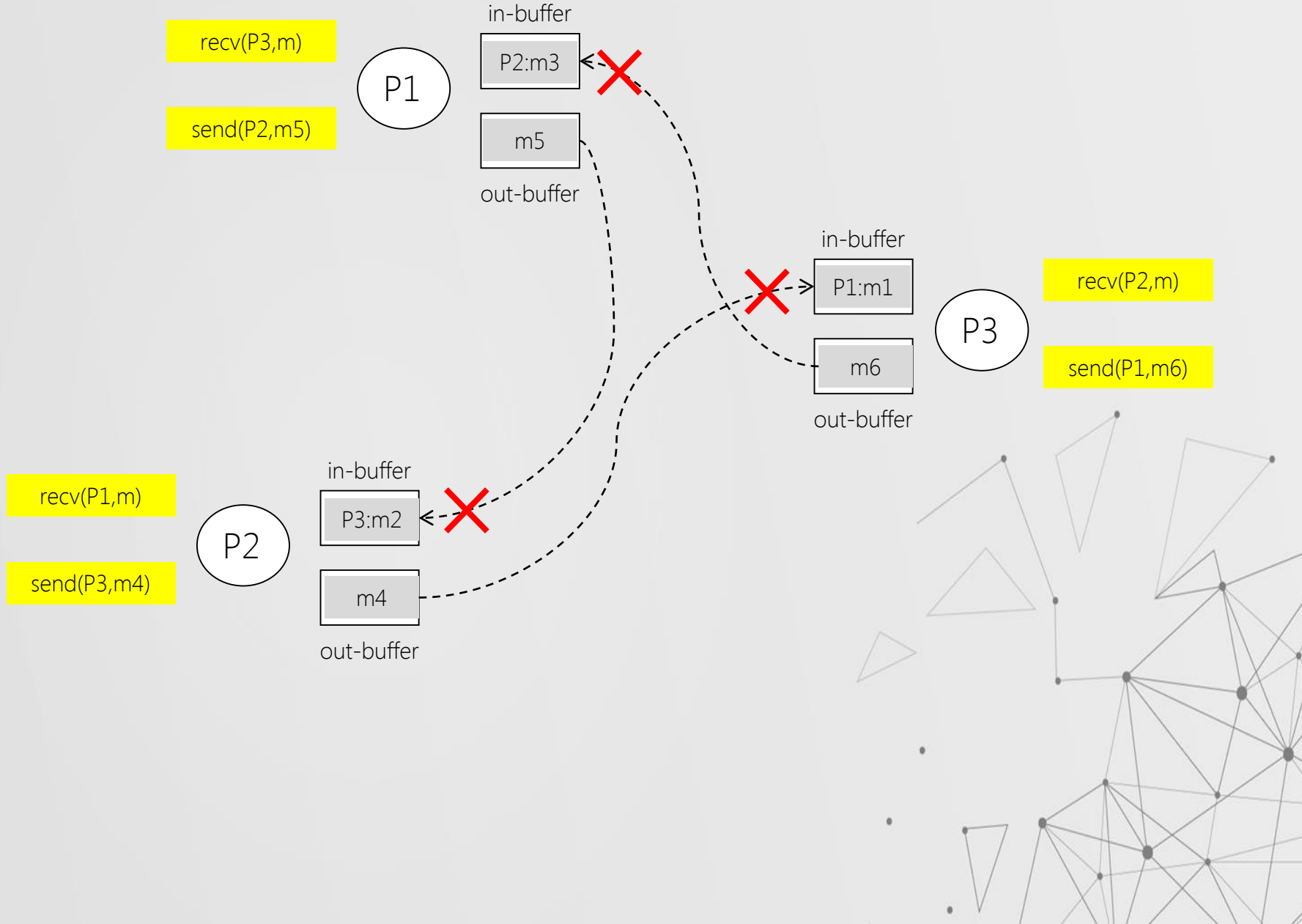
Αδιέξοδη επικοινωνία (5)



Αδιέξοδη επικοινωνία (6)



Αδιέξοδη επικοινωνία (7)



Εντοπισμός επικοινωνιακών αδιεξόδων

- Όπως τα πιο συμβατικά αδιέξοδα πάνω σε κοινόχρηστους πόρους, έτσι και τα επικοινωνιακά αδιέξοδα μπορεί να εντοπιστούν με παραλλαγές των προηγούμενων αλγορίθμων.
- Επίσης, μπορεί να αποκαλυφθούν στην φάση του σχεδιασμού, με χρήση κατάλληλων φορμαλισμών, όπως π.χ. CSP (Communicating sequential processes).
- Αν δεν υπάρχει περίπτωση επικοινωνιακού αδιεξόδου σε ένα πρόγραμμα που είναι διατυπωμένο σε CSP, τότε δεν υπάρχει περίπτωση τέτοιου αδιεξόδου ούτε στην πραγματική υλοποίηση (εφόσον αυτή ακολουθεί την ίδια λογική).